

AS1759 peering policyn määrittäminen

Cristian Lindell

Opinnäytetyö
Joulukuu 2019
Tekniikan ala
Insinööri (AMK), Tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelma
Tietoverkkotekniikka

Tekijä(t) Lindell, Cristian	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Joulukuu 2019
	Sivumäärä 53	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi AS1759 peering policyn määrittäminen		
Tutkinto-ohjelma Tieto- ja viestintätekniiikan tutkinto-ohjelma		
Työn ohjaaja(t) Karo Saharinen, Sampo Kotikoski		
Toimeksiantaja(t) Tero Maaniemi, Telia Finland Oyj		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Toimeksiantaja Telia Finland on Suomessa toimija teleoperaattori, joka tarjoaa eri televiestinnän palveluita kuluttaja- ja yritysasiakkaille. Opinnäytetyön toimeksiantona määritettiin Telia Finlandin AS1759 peering policy.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin monimenetelmäisenä tutkimuksena, joka hyödynsi laadullisen, määrällisen ja soveltavan tutkimuksen menetelmiä opinnäytetyön eri osioissa.</p> <p>Opinnäytetyön taustaa -osiossa tutkittiin Internetiä ja sen muodostamaa ekosysteemiä, jolla pohjustettiin opinnäytetyön aihealuetta. Määrittelemistä varten opinnäytetyö vastaa tutkimuskysymyksiin: Mitä peering policyihin määritellään? Kuinka peering policy määritellään? Mitkä tekijät vaikuttavat peering policyjen määrittelyihin? Tutkimuskysymyksiin vastattiin kirjallisuuskatsauksen muodossa, jossa tutkittiin ja verrattiin eri toimijoiden peering policyja.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksen lisäksi opinnäytetyössä tutkittiin toimeksiantajan lähtökohdat peering policyn määrittämiseen, jossa avattiin toimeksiantajan nykytilannetta, verkkostrategiaa, tulevaisuutta ja nykyisiä peering-markkinoita Suomessa, tällä pyrittiin ottamaan huomioon toimeksiantajan nykyinen ja tulevaisuuden tarpeen peering-yhteyksille Suomessa.</p> <p>Työ vastasi määritettyihin tutkimuskysymyksiin ja tutkimuskysymysten sekä toimeksiantajan lähtökohtien perusteella saavutettiin työlle asetettu tutkimustavoite, Telia Finlandin peering policyn määrittäminen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Peering, Internet, BGP, Peering policy		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Lindell, Cristian	Type of publication Bachelor's thesis	Date December 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 53	Permission for web publication: x
Title of publication Defining peering policy for AS1759		
Degree programme Information and Communications Technology, Networking		
Supervisor(s) Saharinen Karo, Kotikoski Sampo		
Assigned by Maaniemi Tero, Telia Finland		
Abstract <p>The assigner of the thesis was Telia Finland, a Finnish telecommunication company that offers different telecommunication services and subscriptions for consumers and businesses alike. The goal of the thesis was to define a peering policy for Telia Finland's AS1759.</p> <p>The research method used to reach the goal of the assignment was mixed research method that included aspects of qualitative, quantitative and applied research.</p> <p>To understand the assigned topic, the thesis researches Internet and the ecosystem it forms. For defining the peering policy, following defined research questions are answered: What to define in a peering policy? How to define a peering policy? What different factors affect the definition of a peering policy?</p> <p>The defined research questions were then resolved in a literature review on peering policies. Along with the literature review, the thesis then investigates the basis for defining a peering policy for Telia Finland. This is accomplished by researching the current situation, network strategy, what future beholds for Telia Finland and peering markets in Finland. Additionally, the aims needed for taking the current and the future needs for Telia Finland into consideration are discussed.</p> <p>The thesis discusses the defined research problems and with the resolved research problems along with the basis for defining peering policy for Telia Finland, the thesis reaches the set goal: definition of the peering policy for AS1759 at Telia Finland.</p>		
Keywords/tags (subjects) Peering, Internet, BGP, Peering policy		
Miscellaneous (Confidential information)		

Sisältö

1 Työn lähtökohdat	3
1.1 Taustaa	3
1.2 Toimeksiantaja	3
1.3 Opinnäytetyön toimeksianto, tutkimuskysymys ja tutkimusmenetelmät	4
2 Peering ja peering policy - taustaa	5
3 Peering policy – kirjallisuuskatsaus	16
4 Lähtökohdat Peering Policyn määrittämiseen	23
4.1 Peering markkinat Suomessa	23
4.2 Nykytilanne Telia Finland	25
4.2.1 Telia Finland yrityksenä	25
4.2.2 Telia Finlandin verkon kehittämisen ja ylläpidon strategia	26
4.2.3 Palveluntarjoana ja mediatalona	28
4.3 Tulevaisuudessa	30
4.4 Telia Finland AS1759 paid-peering	34
5 AS1759 peering policyn määrittely	35
5.1 Maantieteelliset vaatimukset	35
5.1.1 Vaatimus 1	35
5.1.2 Vaatimus 2	35
5.2 Tekniset, fyysiset & operatiiviset vaatimukset	36
5.2.1 Vaatimus 3	36
5.2.2 Vaatimus 4	36
5.2.3 Vaatimus 5	37
5.2.4 Vaatimus 6	37
5.3 Muut vaatimukset	37
5.3.1 Vaatimus 7	38
5.3.2 Vaatimus 8	38
5.3.3 Vaatimus 9	39
5.3.4 Vaatimus 10	39
5.3.5 Vaatimus 11	40
5.3.6 Ohje hakemisesta	40
6 Pohdinta	41
6.1 Aineiston hankinta ja vaatimusten määrittely	41
6.2 Projektinhallinta ja jatkokehityskohteet	42
Lähteet	43
Liitteet	47
Liite 1. Telia Finland peering policy suomenkielinen luonnos	47
Liite 2. Telia Finland peering policy englanninkielinen luonnos	49

Kuviot

Kuvio 1. Esimerkki operaattoriverkosta, jolla oma autonominen alue.	8
Kuvio 2. Kuinka internet rakentuu eri verkoista, jotka liikennöivät keskenään.	9
Kuvio 3. Looginen kuva Peering-yhteydestä kahden toimijan välillä (Norton n.d.b.).	10
Kuvio 4. Palvelu, jossa toinen verkko tarjoaa asiakkaalleen globaalin tai paikallisen saatavuuden kutsutaan nimellä IP-Transit (Norton n.d.b.).	11
Kuvio 5. Havainnekuvio kuinka Tier 1 verkot kuljettavat suurimman osan Internetin liikenteestä.	12
Kuvio 6. Havainnekuva kuinka Internet ekosysteemi muodostuu IP-transit ja peering-yhteyksistä.	13
Kuvio 7. Liikenteen kulku ASx:n ja ASy:n välillä ilman kahdenvälistä peering-yhteyttä. (Norton N.d.a.)	14
Kuvio 8. S1 Networks reittien leviäminen eri AS:lle Hurricane Networks työkalulla tarkasteltuna. (AS199508 IPv4 Route Propagation 2019.)	15
Kuvio 11. Kiinteän verkon laajakaistaliittymien markkinaosuudet.	24
Kuvio 12. Suomessa toimivien eri operaattoreiden kokonaissaatavuus (Customer cone) ja niiden mainostamat verkot.	25
Kuvio 13. Liikenteen kulku jos kummallakin MED käytössä.	27
Kuvio 14. ASy:llä käytössä MED, ASx:llä Best-exit vs. Hot-potato Routing.	28
Kuvio 15 TCP antama nopeus eri viiveillä (RTT) jos ikkunan koko on standardi.	33
Kuvio 16 Telian National IP-transit tuote – ruksattuna pilvenä Internet.	34

Taulukot

Taulukko 1. Eri toimijoiden maantieteellisiä vaatimuksia.	20
Taulukko 2 Eri toimijoiden teknisiä, fyysisiä ja operatiivisiä vaatimuksia.	21
Taulukko 3 Eri toimijoiden muita vaatimuksia.	22

1 Työn lähtökohdat

1.1 Taustaa

Internetistä on syntynyt hyvin lyhyessä ajassa yksi maailman vaikuttavimmista asioista; internet tuo tiedon ja palvelut käyttäjälleen melkein minne tahansa, missä tahansa ja milloin tahansa. Internet ei ole yhden tahon hallitsema kokonaisuus vaan koostuu useista eri kokoisista verkoista, joita hallitsee useat eri tahot.

Kuinka sitten internetin lukemattomat eri verkot osaavat keskustella keskenään ja mahdollistaa sen kaiken, mitä se tarjoaa? Lyhyesti vastauksena on Bgp ja Peering. Kuitenkaan jokainen taho ei halua, tai heillä ei ole tarvetta liikennöidä jokaisen toimijan kanssa keskenään. Tämä muodostaa hierarkkisen ekosysteemin eri kokoisten verkkojen välillä. Näitä eri verkkojen välisiä suhteita rajoittaa toimijoiden itse määrittämä peering policy joilla rajataan potentiaalista kumppania kenen kanssa halutaan vaihtaa IP-liikennettä.

1.2 Toimeksiantaja

Telia Company AB

Telia Company AB on kansainvälinen teleoperaattori, jolla on toimintaa kaikissa pohjoismaissa ja Baltiassa.

Telia Company muodostui vuonna 2002 tapahtuneesta yritysfuusiosta, jolloin ruotsalainen Telia ja suomalainen Soneran yhdistyivät ja syntyi TeliaSonera. Nykyiseen nimensä Telia päätyi vuonna 2017 brändiuudistuksen myötä, jolloin TeliaSonerasta tuli Telia Company. (About the Company n.d.)

Telia Finland

Telia Finland on Suomessa toimiva Telia Companyn tytäryhtiö, joka tarjoaa Suomessa kuluttajille puhelinliittymiä, mobiilin- ja kiinteänlaajakaistan yhteyksiä koteihin. Yrityksille tarjonta tietoliikennepalveluiden osalta on laajempi ja tarjonnassa

yrityksille on tietoturvapalveluita sekä laajempia verkkotamispalveluita. Operaattoreille tarjotaan myös IP- ja puhepalveluita sekä tietoliikennepalveluita.

Lisäksi Telia Finland tarjoaa yritysasiakkaille konesali- ja ICT-palveluita sen omien tytäryhtiöiden, Cygaten, Data-infon ja Telia-inmics Nebulan välityksellä. (About the Company n.d; Telia yksityisille n.d; Telia yrityksille n.d.)

Telia Carrier

Telia Carrier on Telia Companyn omistuksessa oleva kansainvälinen operaattori, joka tarjoaa erilaisia tietoliikennepalveluita.

Telia Carrier toimii 35 eri maassa ja sillä on 230 eri PoP pistettä ympäri maailmaa. Telia Carrierin hallinnoistamasta AS1299 verkosta mainostuu eniten IPv4-verkkoja maailmanlaajuisesti verrattuna. (About us n.d; BGP Peer Report, Prefixes 2019; Our Network n.d)

1.3 Opinnäytetyön toimeksianto, tutkimuskysymys ja tutkimusmenetelmät

Toimeksiannon tavoitteena oli määrittää Telia Finlandin AS1759:n peering policy.

Opinnäytetyö on monimenetelmäinen tutkimus, jossa hyödynnetään määrällisen, laadullisen ja soveltavan tutkimusten menetelmiä.

Toimeksiantoa varten tutkittiin peering policy -aihetta kirjallisuuskatsauksessa. Tutkimusmenetelmänä kirjallisuuskatsauksessa oli määrällinen tutkimus, jonka aineisto pääsääntöisesti pohjautuu eri toimijoiden jo tuottamiin valmiisiin peering policy -dokumentteihin. Dokumentteja analysoitiin määrällisesti ja johtopäätöksenä pyrittiin vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

- Mitä peering policyihin määritellään?
- Kuinka peering policy määritellään?
- Mitkä tekijät vaikuttavat peering policyjen määrittelyihin?

Kirjallisuuskatsauksen jälkeen tarkasteltiin lähtökohtia peering policyn määrittelyyn. Lähtökohtien tarkastelussa hyödynnettiin laadullisen ja määrällisen tutkimuksen menetelmiä, joissa pyrittiin selvittämään toimeksiantajan lähtökohdat peering policyn määrittelemistä varten. Lähtökohtien määrittämisessä käytetty aineisto hankittiin valmiista ja tuotetuista dokumenteista kokeellisilla menetelmillä ja haastattelulla. Aineistoa analysoitiin määrällisesti ja laadullisesti.

Kirjallisuuskatsauksen saaduista johtopäätöksistä sekä toimeksiantajan lähtökohtien selvityksestä saatuja tietoja sovellettiin ja pyrittiin vastamaan työn keskeiseen tutkimustavoitteeseen, joka oli Telia Finlandin peering policyn määrittäminen.

2 Peering ja peering policy - taustaa

ARPANET

1960-luvun lopulla ARPA (Advanced Research Projects Agency) Yhdysvalloissa alkoi myöntämään maan yliopistoille ja tutkimuslaitoksille apurahaa tutkiakseen mahdollisuutta, että tietokoneet pystyisivät keskustelemaan keskenään. Suunnitelma ensimmäisen verkon (ARPANET) rakentamiseen saatiin lokakuussa 1967, jolloin Lawrence Roberts esitti tutkimuksen nimeltä Multiple Computer Networks and Intercomputer Communication. Ensimmäinen viesti koneiden välillä lähetettiin 56 kbs linjoja pitkin kaksi vuotta myöhemmin marraskuussa 1969, neljän solmun muodostamassa verkossa. Tätä voidaankin pitää internetin syntymävuotena vaikkakin nimeä internet ARPANET ei silloin kantanut. Onnistuneen paketin lähettämisen myötä ARPANET-verkon käyttö laajeni, ja yliopistot ja valtion yksityiset verkot liittyivät ARPANET-verkkoon. (Halabi 2001, 5-7.)

Käytön laajeneminen

Vuoteen 1976 käyttö alkuperäisestä neljästä pisteestä oli 16-kertaistunut ja vuoteen 1989 ruuhkautunut ARPANET purettiin ja sen korvasi ARPANET-verkkoa kehittyneempi ja hierarkkisesti suunniteltu National Science Foundationin NSFNET. (Halabi 2001, 7-8)

Alustavasti verkko suunniteltiin siten, että tietyn alueen yliopistojen ja tutkimuslaitosten verkot yhdistivät alueelliseen verkkoon, josta alueellinen verkko yhdistyi puolestaan runkoverkkoon. Runkoverkon solmupisteinä toimi valtion rahoittamat super-tietokonekeskukset. Myös alkuperäinen 56 kb/s nopeus solmupisteiden välillä oli nostettu 1.4 Mb/s. Samaa teknologiaa otettiin käyttöön Euroopassa ja myös ensimmäiset kansainväliset yhteydet muodostettiin niin Euroopan sisällä kuin Yhdysvaltojen ja Euroopan välillä. (Halabi 2001, 7-8)

NSFNET purkaminen ja Internetin synty

NSFNET-verkon käytön laajenemisen myötä myös kysyntä kasvoi, mikä johti useiden eri tietoliikenneoperaattoreiden syntyyn. Kasvun myötä muodostui eri kokoisten toimijoiden kesken oma ekosysteemi, joka seuraa hierarkkista rakennetta. Hierarkkiseen rakenteen muodostamat toimijat voidaan lajitella neljään eri luokkaan (Norton N.d.c)

Tier 1

Tarkoitetaan toimijaa, jolla on maantieteellisesti kattava runkoverkko ja kyky kuljettaa liikennettä omavaraisesti globaalisti, ilman muiden toimijoiden tarjoamaa Internet yhteyttä (IP-Transit). Tämän tason toimijat liikennöivät (Peering) usein vastikkeettomasti keskenään sillä kumpikin osapuoli hyötyy menettelystä, kummankin verkon globaalin saatavuuden kasvaessa.

Tier 1 verkoilla on suuri kokonaissaatavuus omasta verkostaan ja näkevätkin muut hierarkian alemmat verkot potentiaalisina asiakkaina. Tier 1 verkot myyvätkin IP-transit yhteyksiä muille verkoille globaalia internet saatavuutta varten. (Norton N.d.c;

Lodhi 2014.)

Esimerkiksi Telia Carrier AS1299, Liberty Global, AT&T.

Tier 2

Verkoilla on usein laaja alueellinen runkoverkko mutta joutuu kuitenkin ostamaan globaalin internet saatavuuden Tier 1 toimijalta. Tier 2 toimija kuitenkin saattaa tarjota IP-transit palvelua toisille Tier 2 tai Tier 3 verkoille. (Norton N.d.c.)

Esimerkiksi Telia Finland AS1759, Elisa AS719, DNA AS16086

Tier 3

Verkoilla ei välttämättä ole ollenkaan omaa laajaa runkoverkkooan, ja tarjoavat asiakkailleen verkostaan Internet yhteydet maailmalle yhden tai useamman IP-transit yhteyden välityksellä. (Norton N.d.c.)

Esimerkiksi S1 Networks AS199508.

CDN

Myöhemmin myös CDN (Content Delivery Network) tyyppiset verkot ovat yleistyneet ja CDN verkoilla on oma AS-alue sekä omaa verkkoinfrastruktuuria, jossa pääsääntöisesti kuljetetaan omaa sisältöä ja asiakkaille sisältö kuljetetaan Transit ja Peering yhteyksin. (Norton N.d.c.)

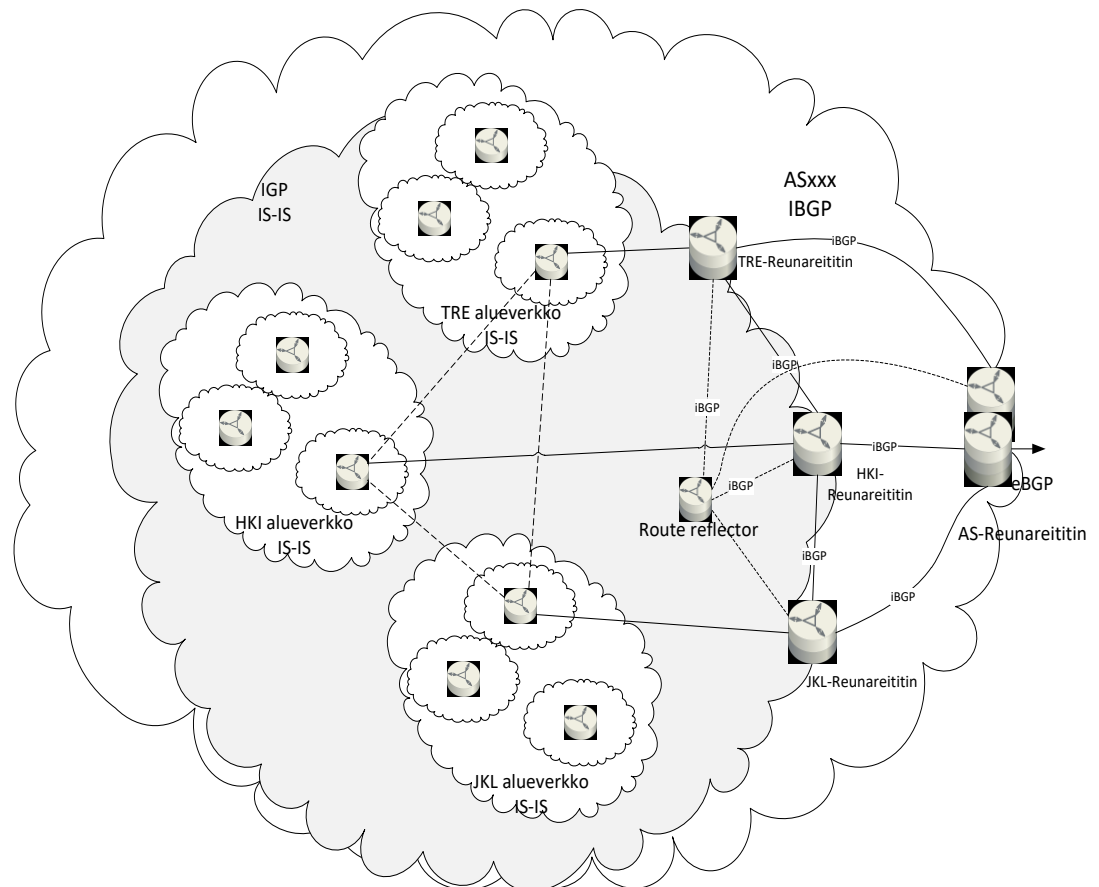
Esimerkiksi Google, Facebook Inc.

Tier-tasorakenne ei ole kuitenkaan standardi, mikä siis tarkoittaa, ettei ole olemassa virallisia verkkojen eri Tier-luokkia.

NSFNET-verkko purettiin vuoteen 1995 mennessä ja hajautettiin eri operaattoreiden ja toimijoiden hallinnoimaksi. Sama NSFNET:n luoma verkon infrastruktuuri, jossa verkot muodostavat suurempia verkkoja ja yhdistävät toisiinsa (ks. kuvat 1, 2), jatkui siitäkkin huolimatta, että NSF siirtyi taka-alalle. (Halabi 2001, 8-10.)

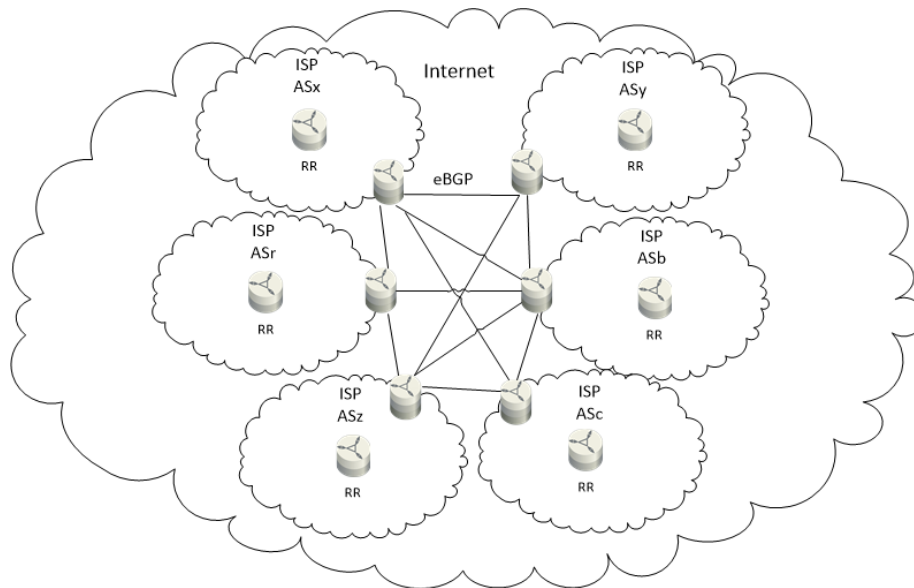
Verkoista puhuessa tarkoitetaan autonomista aluetta (AS). AS:lla tarkoitetaan keskitetyssä hallinnassa olevia reitittäjiä, joilla on käytössä yhtenäiset reitityssäännöt ja protokollat (ks. kuvio 1).

Kuten aiemmin mainittu internet on verkko, joka rakentuu verkoista, kuviossa 1. esimerkkinä havainnekuvio operaattorin verkosta. Kuviossa 1 nähdään kuinka alueverkoista muodostuu oma autonominen alue, jossa sisäinen reititys alueverkkojen kesken autonomisen alueen sisällä on toteutettu IGP (Internal Gateway Protocol) reititysprotokollalla. Kuviossa 1 esimerkkinä IS-IS.



Kuvio 1. Esimerkki operaattoriverkosta, jolla oma autonominen alue.

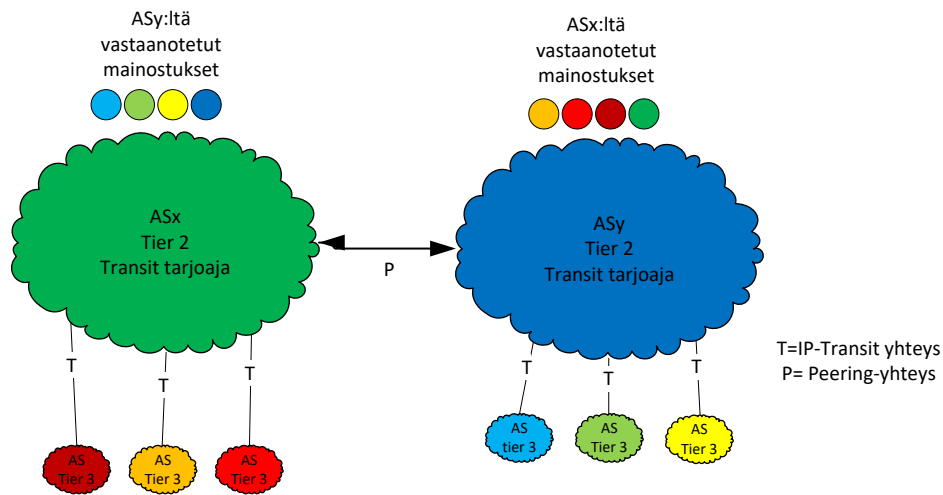
Ulospäin muille verkoille IGP:n muodostama kokonaisuus näkyy yhtenä entiteettinä eli AS-alueena. Reititys toisten autonomisten alueiden välillä toteutetaan EGP-reititysprotokollalla (External Gateway Protocol). Kuviossa 2 nähdäänkin, kuinka havainnekuvion 1 kaltaiset AS-alueet liikennöivät keskenään ja muodostavat tällä tavoin kokonaisuuden, jota kutsutaan Internetiksi. (Halabi 2001, 93.)



Kuvio 2. Kuinka internet rakentuu eri verkoista, jotka liikennöivät keskenään.

eBGP Peering

EGP-reititysprotokollista yleisin ja käytetyin on BGP (Border Gateway protocol) jolla eri AS alueet muodostavat keskenään naapuruuden vaihtaakseen IP-liikennettä keskenään toisin sanoen, antavat pääsyn omaan ja asiakkaidensa verkkoon ja pääsevät liikennöimään naapurin ja sen asiakkaiden verkkoon. Kyseisistä ilmiöistä kutsutaan nimellä Peering (ks. kuvio 3). (Halabi 2001, 93.)



Kuvio 3. Looginen kuva Peering-yhteydestä kahden toimijan välillä (Norton n.d.b.).

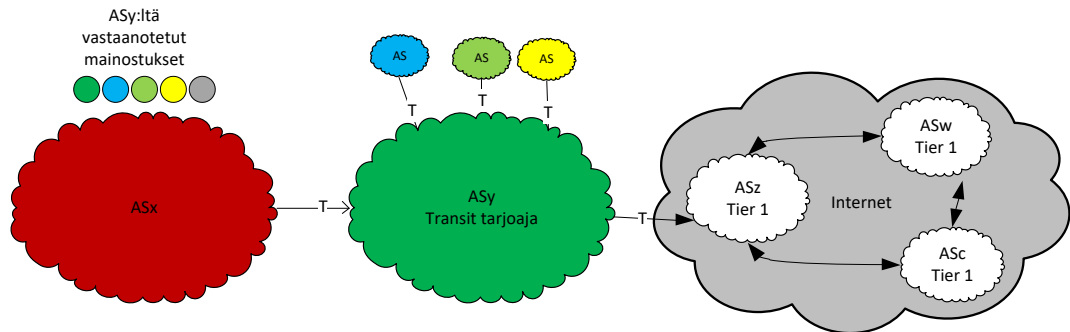
Kuviota 3 tarkastellessa nähdään, kuinka naapurisuuden muodostamisen jälkeen verkot vastaanottavat mainostukset naapuriltaan ja sen asiakkailta (Norton n.d.b.).

IP-transit vs. Peering

Asiakkaalla tässä tilanteessa tarkoitetaan tilannetta, jossa verkko tarjoaa toiselle verkolle globaalin saatavuuden eli toimii Internet palveluntarjoajana (ks. kuvio 4). Kyseistä ilmiötä kutsutaan nimellä IP-transit tai transit. IP-transit eroaa peering-yhteydestä sillä, että IP-transitin tarjoaja mainostaa asiakkaalle reitin internetiin ja mainostaa IP-transit asiakkaan verkon muulle maailmalle oman verkkonsa kautta. Toisin kuin peering-yhteyksissä, jossa verkko vain vastaanottaa naapuriltaan ja sen asiakkailta reittimainostukset ja mainostaa omat reittinsä takaisin naapurilleen.

Pääsääntöisesti IP-transit on maksullinen palvelu, kun taas peering-yhteydet on perinteisesti haluttu pitää vastikkeettomana, jos kummatkin saavat toisiltaan yhtä suurin hyödyn. Paras tilanne, jossa kummatkin verkot hyötyvät peering-yhteydestä, olisi se, että verkot olisivat saman suuruisia, eli mainostaisivat saman verran IP-verkkoja

sekä liikennemäärät naapureiden välillä olisivat samaa tasoa. Epätasapainoista tilannetta voidaan korvata maksamalla yhteydestä ns. Paid-peering. (Norton n.d.a.)

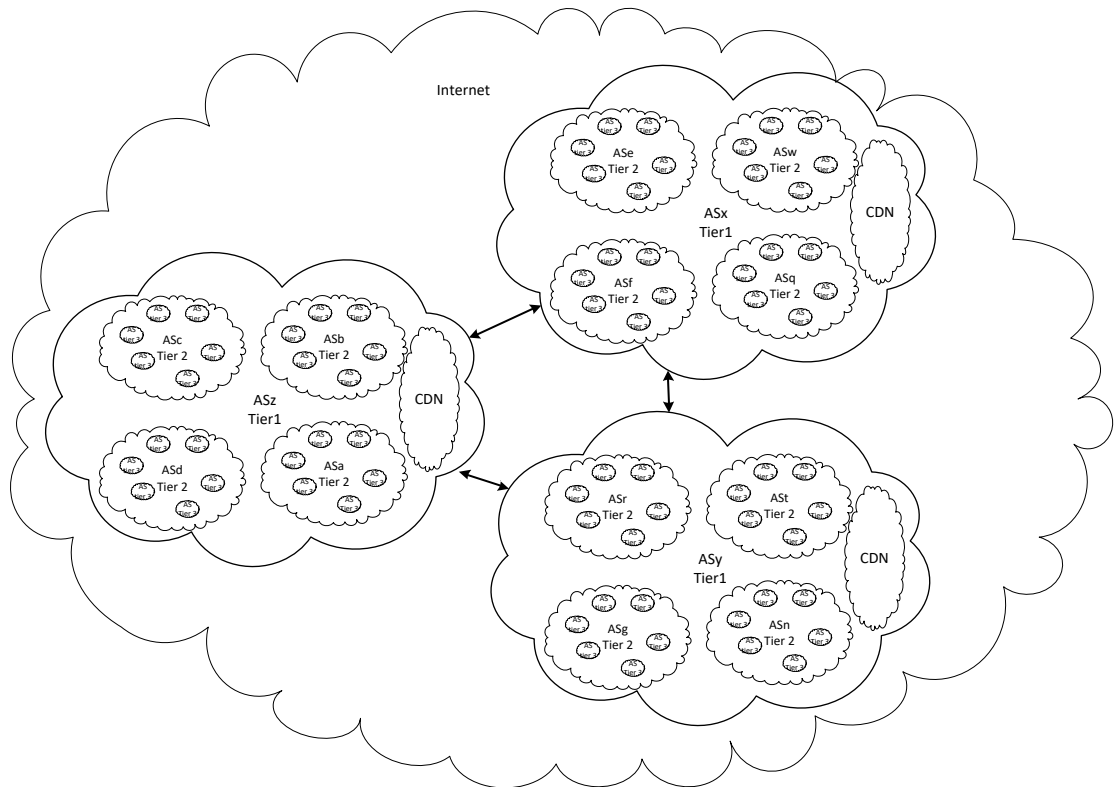


Kuvio 4. Palvelu, jossa toinen verkko tarjoaa asiakkaalleen globaalin tai paikallisen saatavuuden kutsutaan nimellä IP-Transit (Norton n.d.b.).

Internet ekosysteemi

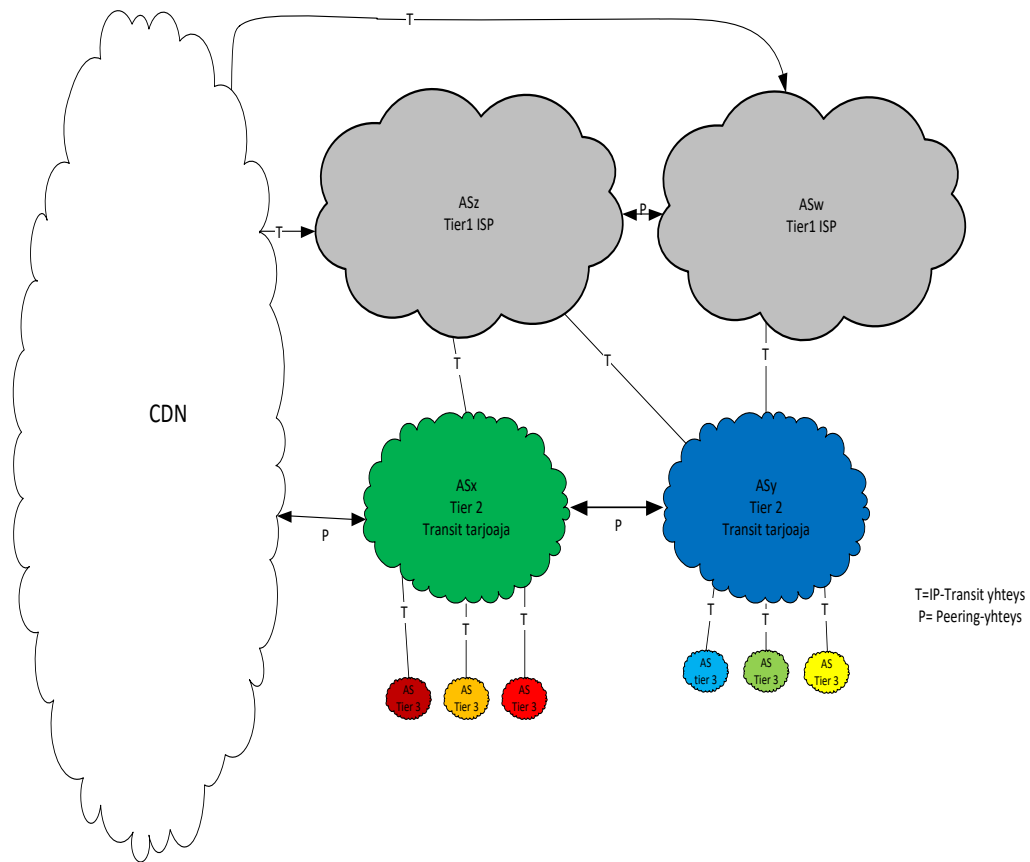
Yllämainittujen eri ilmiöiden avulla muodostuu Internetin oma hierarkkinen ekosysteemi. Kuviota 5 ja 6 tarkastellessa nähdään esimerkit, kuinka hierarkkinen rakenne toteutuu internetissä eri Tier tasoilla.

Kuvio 5 havainnollistaa kuinka, Tier 1 -luokiteltavat verkot kuljettavat suurimman osan koko maailman liikenteestä tarjoamalla IP-transit yhteyksiä Tier 2, Tier 3 ja CDN verkoille. Tier 1 – verkot ovatkin ekosysteemin huipulla ja pääsääntöisesti muodostavat peering-yhteyksiä vain muiden Tier 1 -luokiteltavien verkkojen kanssa, sillä Tier 1 verkoilla ei ole yksinkertaisesti tarve muodostaa peering-yhteyksiä pienempien verkkojen kanssa, vaan näkevät ekosysteemissä alempana olevat potentiaalisina asiakaina. Tier 2 - verkot kuljettavat liikennettä alueellisesti ja tarjoavat transit-yhteyksiä Tier 3 -luokitettaville verkoille mutta joutuvat turvautumaan transit-yhteyksiin globaalia saatavuutta varten. (Norton n.d.c.)



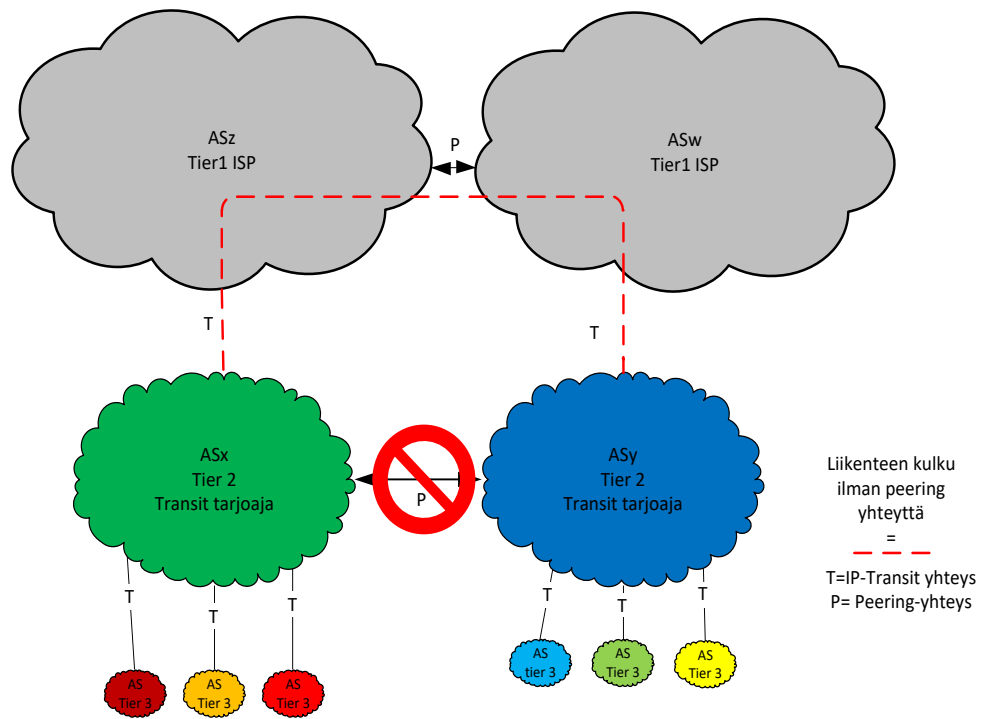
Kuvio 5. Havainnekuvio kuinka Tier 1 verkot kuljettavat suurimman osan Internetin liikenteestä.

Kuviossa 6 nähdään kuinka Internet ekosysteemi muodostuu IP-transit ja peering-yhteyksien avulla.



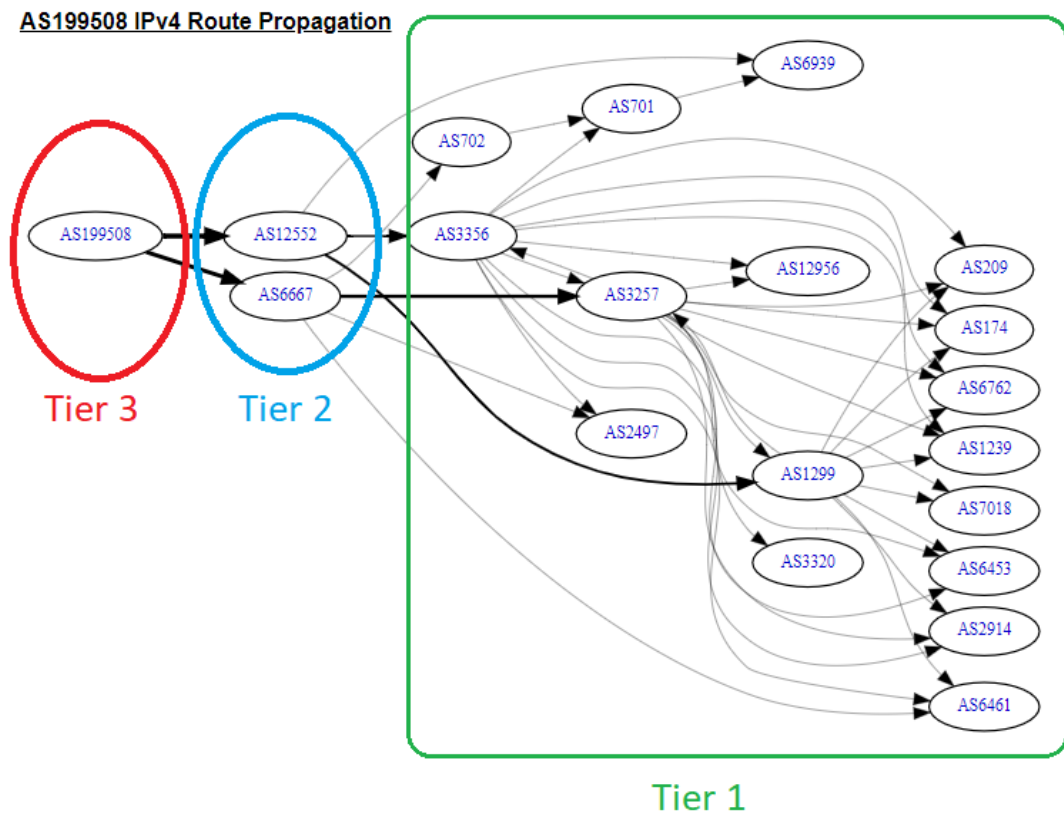
Kuvio 6. Havainnekuva kuinka Internet ekosysteemi muodostuu IP-transit ja peering-yhteyksistä.

Eri verkot hyötyvät peering-yhteyksillä taloudellisesti ja viiveen vähentymisellä, kun liikenne voidaan reitittää suoraan toiselle verkolle ilman että liikenne kierrätetään IP-transit yhteyden kautta. Esimerkiksi kuvion 7 ASx- ja ASy-väliä tarkastellessa huomataan kuinka ilman peering-yhteyttä liikenne kulkisi verkkojen IP-transit yhteyden välityksellä ASz:n ja ASw:n kautta perille ASy:n tai ASx:n verkkoon. (Norton N.d.a.)



Kuvio 7. Liikenteen kulku ASx:n ja ASy:n välillä ilman kahdenvälistä peering-yhteyttä. (Norton N.d.a.)

Käytännössä toteutuma nähdään tarkastellessa kuviota 8 S1 Networks verkon reittien levittymistä Hurricane Networksin työkalun piirtämän kuvaajan avulla. Kuvasta nähdään kuinka, S1 Networks AS199508 reitit mainostuvat IP-transitin avulla maailmalle IP-Only Networksin AS12552 ja Elisan AS667 kautta ja levittäytyvät siitä edelleen eteenpäin kansainvälisille toimijoille kuten GTT AS3356 ja Level 3 Parent AS3257. (AS199508 IPv4 Route Propagation 2019.)



Kuvio 8. S1 Networksin reittien leviäminen eri AS:lle Hurricane Networksin työkalulla tarkasteltuna. (AS199508 IPv4 Route Propagation 2019.)

Kuinka ja missä peering-yhteydet toteutetaan?

Peering-yhteyden käyttöönottaminen tehdään loogisesti muodostamalla naapuruus BGP:n avulla. Fyysinen yhteys muodostetaan usein kahdella eri tapaa: Private-Network-Interconnection (PNI) tai Public Peering –tyyppisesti.

PNI yhteydellä tarkoitetaan suoraa fyysistä yhteyttä kumppaneiden välillä. Yhteys voi olla fyysisesti toteutettu kuitu- tai kupariyhteydellä reitittimestä reitittimeen. (Picconi 2011.)

Public peering toteutetaan Internet Exchange Point (IXP tai IX) välityksellä. Suomeksi IXP:tä voidaan kutsua yhdysliikennepisteiksi tai Internet solmupisteeksi.

IX:n tai IXP:n tarkoituksena on olla pisteenä eri toimijoille, jossa he voivat yhdistää

verkkonsa toisiinsa fyysisesti ja jakaa IP-liikennettä keskenään. Liittyjä saa siis yhdellä fyysisellä yhteydellä muodostettua yhteyden loogisesti moneen eri toimijaan. Jotkut yhdysliikennepisteet tarjoavat myös palvelun, jossa jäsen voi muodostaa peering-yhteyden IX:n hallinnoiman reittipalvelimen kanssa, jossa reittipalvelin mainostaa liittymän mainostamat verkot muille reittipalvelimen kanssa peering-yhteyden muodostaneille verkoille. Jolloin yhdellä muodostetulla peering-yhteydellä saadaan reitit usean eri toimijan mainostamiin verkkoihin. (Picconi 2011.)

Teknisesti yhteydet yhdysliikennepisteissä toteutetaan yhdysliikennepisteen hallinnoimasta kytkimestä. TCP/IP protokollan L2-tasolla, joka siis tarkoittaa sitä, että se tarjoaa jäsenilleen yksinkertaisesti vain linkkivälin toisiin jäseniin. (Picconi 2011.) Suomessa toimii neljä yhdysliikennepistettä: Ficix ylläpitää yhdysliikennepisteitä Helsingissä, Espoossa ja Oulussa sekä Trex Tampereella. Ficix on Suomen suurin ja vanhin yhdysliikennetarjoaja ja toimii rekisteröityneenä yhdistyksenä. Trex on vuonna 2002 perustettu osakeyhtiö, jolla on yhdysliikennepiste Tampereella. (Ficix, Tietoa. N.d; Trex Regional Exchanges Oy N.d.)

Eri tapojen kustannukset eivät ole suoraan verrannolliset keskenään, sillä PNI yhteyksissä käytetty kapasiteetti on vain yhden peering-kumppanin käytössä, kun taas muodostaessa peering-yhteyksiä yhdysliikennepisteessä kokonaiskapasiteetti jaetaan peering-yhteyksien kesken loogisesti ja kustannuksiin lisätään mahdolliset kustannukset jäsenmaksuista ja ylläpidollisista kustannuksista.

3 Peering policy – kirjallisuuskatsaus

Çakmak (2013) omassa pro gradu -työssään lainaa Nortonia ja määrittelee peering policyn seuraavasti:

“A peering policy is an articulation of a peering inclination of an AS, expressed either publicly or protected under an NDA”- (Çakmak, G 2013.)

Lainaus voidaan suomentaa seuraavasti: Peering policy on kuvaus AS:n taipumuksesta peering-yhteyksien muodostamiselle, joko julkisesti tai salassapitosopimuksella suojattuna.

Jokaisella verkolla on siis oma tapansa toimia Internetin ekosysteemissä ja peerin policy on kuvastamassa tätä tapaa toimia muille. (Çakmak 2013; Norton n.d.c.)

Jokainen toimija voikin vapaasti määritellä omat säännöt ja vaatimuksensa. William B. Norton kategorisoi erilaisten policyiden strategiat karkeasti neljään eri kategoriaan, joista ensimmäinen kategoria on avoin, toinen kategoria on valikoiva, kolmas kategoria rajattu ja neljäs kategoria on ei peering-yhteyksiä.

*“An Open Peering Policy is an articulation of an inclination to peer with anyone.
A Selective Peering Policy is an articulation of an inclination to peer, but with some conditions.
A Restrictive Peering Policy is an articulation of an inclination not to peer with any more entities.
A No-Peering Policy is an articulation of an inclination not to peer at all.”- (Norton n.d.c)*

Kuten aiemmin mainittu, Internet noudattaa hierarkkista rakennetta ja kaikilla ei ole tarve keskustella suoraan keskenään. Esimerkkinä tarkastellessa kuviota 6 nähdään ettei Tier 1 verkolla ASz ole tarvetta muodostaa peering-yhteyksiä suoraan Tier 3 verkkojen kanssa, sillä reitit sinne saadaan jo yhtä alemmalta tasolta Tier 2 verkoilta. Ei kaupallisia peering-yhteyksiä rajoittaakin verkkojen itse määrittämät peering policyt joilla tarkoitetaan vaatimuksia potentiaalisella kumppanille naapurisuuden muodostamista varten.

Myös tarve peering-yhteyksille vaihtelee ja sen myötä myös verkon peering policy. Usein samankokoiset Tier 2 ja 3 verkot, jotka turvautuvat IP-transit yhteyksiin globaalia saatavuutta varten, muodostavatkin peering-yhteyksiä usein keskenään IP-transit yhteyksien kulujen sekä viiveen vähentämiseksi. Tästä syystä verkon aloittaessaan toimintaa peering policy voi olla erittäinkin avoin. Esimerkkinä tästä aikoinaan Yahooon peering policy oli yksinkertaisuudessaan yksi sana: Yes! (Norton n.d.c.)

Kuitenkin jossain vaiheessa uudetkin verkot kasvavat ja hankkivat useampia omia IP-transit asiakkaita, jolla mahdollisesti houkuttelee taas uusia peering-kumppaneita. Jossain vaiheessa voi syntyä tilanne, jossa ei ole tarve enää muodostaa uusia peering-yhteyksiä pienemmiksi jääneiden verkkojen kanssa, sillä verkon saatavuuden kasvun

takia sillä voi olla jo suora tai epäsuora saatavuus peering-yhteyden muodostamista pyytävään tahoon aikaisemmalta peering kumppanilta tai omalta IP-transit asiakkaalta, jolloin verkon peering policy voi tiukentua ajan saatossa. (Norton n.d.d.)

Mitä ja miksi määritellään

Määrittelemisen ei noudata standardinomaista pohjaa vaan peering policy määrittelyä oman tarpeen mukaan ja strategian mukaan.

Peering-yhteyksien oman tarpeen määrittely voidaan tiivistää yhteen kysymykseen:

- Mitä peering-yhteyksillä halutaan saavuttaa?
 - Esimerkiksi: Taloudelliset hyödyt, viiveen vähentäminen, redundanttisuus.

Jonka perusteella voidaan määrittellä tarkemmin esimerkiksi seuraavia asioita:

- Kenen ja minkä tyyppisten verkkojen kanssa halutaan muodostaa peering-yhteyksiä, jotta tulos saavutetaan
- Missä peering-yhteydet toteutetaan
 - Esim. PNI tai Public peering -tyyppisesti

Policy on osana tarpeen ja strategian toteutusta, sillä policyyn määritetyillä vaatimuksilla voi määrittäjä harventaa hakijat ja mahdolliset kumppanit vain mieluisiin. (Norton n.d.c.)

Jokaisella verkolla on erilaiset tarpeet ja strategiat Peering-yhteyksiä varten. Tutkiessa kymmenen eri operaattorin ja CDN:n peering policyita huomataan että, määritellyt vaatimukset voidaan jakaa yleisesti 3:een eri luokkaan: Maantieteelliset, Tekniset, fyysiset ja operatiiviset sekä muut vaatimukset.

Verkot, joiden peering policyja tutkielmassa tarkasteltiin ovat:

- Google (<https://peering.google.com/#/options/peering>)
- British Telecom (<http://www.bt.net/network-information.html>)
- Liberty Global (<https://www.libertyglobal.com/operations/business-services/global-peering-principles/>)
- TDC (<http://noc.eng.tdc.net/peering/peering-policy.txt>)
- Tele2 (<http://as1257.tele2.net/peering/policy.php>)
- Telia Carrier (https://www.teliacarrier.com/dam/jcr:d1e83942-3db1-4334-a5f8-431578633d26/Telia_Carrier_Global_Peering_Policy.pdf)

- Netflix (<https://openconnect.netflix.com/en/peering/>)
- Verizon (<https://enterprise.verizon.com/terms/peering/>)
- Elisa (http://carrierservices.elisa.fi/attachment/content/Elisan_peering_periaatteet.pdf)
- Telenor (<https://www.telenor.com/globalwholesale/solutions/as15932-peering-policy/>)

Otantaan valittiin pääsääntöisesti Pohjoismaissa ja Euroopassa läsnä olevia Tier 2 -luokiteltavia toimijoita sekä Tier 1 -luokiteltavat toimijat Verizon ja Telia Carrier.

Otannassa on lisäksi myös CDN toimijoita.

Valinnat tehtiin sillä perusteella, että tutkimukseen saadaan mahdollisimman laaja katsaus eri vaatimuksista Pohjoismaisista ja Eurooppalaisista eri ryhmiin luokiteltavien verkkojen näkökulmista pl. Tier 1 -luokiteltavat verkot. Yhtenä ehtona valinnoille oli, että toimijalla on julkinen peering policy.

William.B.Norton tutkimuksessa (<https://drpeering.net/white-papers/Peering-Policies/A-Study-of-28-Peering-Policies.html>. 2009), jossa tutkittiin 28 eri toimijan peering policyja tunnistettiin seuraavat 3 kategoriaa:

“We found generally three groups of Peering Policy clauses:

A) Operations clauses,

B) Technical / Routing / Interconnect clauses

C) General clauses.

Each of these groups had several Peering Policy Clauses that we categorized and/or generalized below.” - (Norton 2009)

Maantieteelliset vaatimukset

Peering policyihin vaikuttaa myös paljon verkon koko ja käyttötarkoitus. Tutkiessa Tier 1 operaattoreihin luokiteltavien verkkojen policyja on huomattavissa, että vaatimuksina on useasti laaja kansainvälinen runkoverkko, jossa liityntäpisteitä täytyy olla toimijan kanssa useita eri puolilla Eurooppa ja sen ulkopuolella (ks. Taulukko 1). Esimerkiksi Libertyn peering policyssä on määritelty nämä seuraavasti:

“Operate a redundant international backbone network, in which the majority of inter-hub connectivity shall have a capacity of at least 100 Gbps.

Must have a European footprint with presence in five countries and able to interconnect to Liberty Global in at least three locations inside Europe or must have a non-European footprint and able to interconnect to Liberty Global in at least two locations outside Europe.” - (Liberty Global Peering Principles. N.d.)

Saman tyyppiset vaatimukset, joissa vaaditaan, että kumppanilla on kansainvälinen redundanttinen runkoverkko sekä vaatimukset hajautetulle läsnäololle löytyvät myös Telia Carrierilta:

The prospective peer must be present and be able to exchange traffic in all three of the following geographic regions: Europe, North America and Asia Pacific/Oceania (each referred to herein as a "Region"). The criteria set forth in this policy must be satisfied in each Region.

The prospective peer must be willing to implement a minimum of 18 points of interconnection with Telia Carrier, provided that the interconnection points must be distributed among the Regions in a balanced manner and the points of interconnection within each Region must be geographically dispersed (e.g., North, South, East and West). The specific interconnection points and the overall distribution of the interconnection points must be acceptable to Telia Carrier. (Telia Carrier Global Peering Policy n.d.)

Tier 2 -tason operaattoreiden peering policyista huomataan, että maantieteelliset vaatimukset ovat alueellisia ja kansainvälistä runkoverkkoa ei vaadita.

Alueellisella vaatimuksella voidaan tarkoittaa esimerkiksi liityntäpisteitä eri kaupungeissa. Useasti kaupungit ovatkin alueellisesti verkkoliikenteen solmupisteitä.

Suomalainen operaattori Elisa mainitsee peering policyissa seuraavat alueet ja kaupungit:

"Potentiaalisen peering-kumppanin tulee olla läsnä ja tulee vaihtaa liikennettä ainakin seuraavilla kolmella maantieteellisellä alueella Suomessa: pääkaupunkiseutu, Tampere ja Oulu." (Elisa peering periaatteet suomessa n.d.)

Taulukko 1. Eri toimijoiden maantieteellisiä vaatimuksia.

Maantieteelliset vaatimukset	Google	British Telecom	Liberty Global	TD C	Tele 2	Telia Carrier	Netflix	Verizon	Elisa	Telenor
Kansainvälinen runkoverkko			x	x		x		X		
Useampi PoP-piste hajautetusti		X	x	x	x	x		X	x	
Väh. 2 yhteenliitännäpistettä		X	x	x	x	x			x	
Runkoverkon redundanttisuus		X	x	x	x	x		X		

Maantieteellisissä vaatimuksissa mainitaan useasti useampi eri yhteenliitännäpiste.

Kuitenkin useamman peering pisteen myötä syntyy suuremmalla todennäköisyydellä

epäsymmetristä reititystä, kun verkolla useampi, kuin yksi reitti ulos omasta verkosta.

Tekniset, fyysiset ja operatiiviset vaatimukset

Teknisiä vaatimuksia joita, peering policyissa määritellään voi olla porttikoko ja kapasiteetti, tietty määrä liikennettä sisään tai ulos, MED:n käyttö, rajoitukset verkkoliikenteessä kuten esim. staattiset reitit, joilla on vaikutus BGP-käyttäytymiseen (ks. taulukko 2).

Google määrittelee tarkemmin teknisiä määrittelyjä BGP:n konfiguraatiossa kumppanille:

“BGP configuration requirements

No support for MED

No support for multihop

Prefer MD5 authentication

Most specific prefix accepted /24 (IPv4), /48 (IPv6)”

(Google Peering N.d)

Tutkiessa Tier 1 ja Tier 2 luokiteltavien verkkojen peering policyja onkin huomattavissa vaatimuksissa suuri määrä yhtäläisyyksiä joita, useampi toimija määrittelee esim. minimi liikennemäärät, liikennesuhteet (In/Out) ja operatiiviset vaatimukset (ks. taulukko 2.). Vaikka määritellyt vaatimukset voivat olla yhtäläisiä ei sisältöä välttämättä ole sama sillä, esim. Tele2 määrittelee minimi liikennöintimäärän volyymiksi 8Gb/s sisään tai ulosmenevää liikennettä jokaisessa liikennöintipisteessä, kun taas Telia Carrier vaatii minimissään 40Gb/s sisään tai ulosmenevää liikennettä Euroopassa sekä Yhdysvalloissa.

Taulukko 2 Eri toimijoiden teknisiä, fyysisiä ja operatiivisiä vaatimuksia.

Tekniset, Fyysiset & Operatiiviset Vaatimukset	Goog le	British Tele- com	Liberty Global	TD C	Tele 2	Telia Car- rier	Net- flix	Veri- zon	Elis a	Telen or
Portin kapasiteetit	x	X	x		x	x	x		x	
Min. liikennöinti- määrän volyymi			x	x	x	x		X	x	
Liikennesuhde (In/Out)		X	x	x	x	x		X	x	x
24/7 NOC	x		x	x	x	x	x	X	x	
Yhteinäinen/ristirii daton mainostus	x	X	x	x	x	x		X		x
Kielto liikenteen ohjaamisesta väärin- käyttöä varten			x	x	x	x	x	X		x

Muut vaatimukset

Peering policyissa voidaan ottaa kantaa myös yleisimpiin asioihin ja tämän kategorian vaatimukset vaihtelevat laajasti eri toimijoiden kesken ja muihin vaatimuksiin voidaan määrittää esimerkiksi, taloudellisia ja sopimusteknisiä asioita, kuten sopimuksen noudattaminen, seuraamukset sopimusrikkomuksista ja salassapitovelvollisuus. Tärkeänä osana peering policya on myös ohjeet, minne pyyntö peering-yhteyden muodostamisesta laitetaan ja mitä siihen täytyy sisällyttää (ks. taulukko 3).

Muihin vaatimuksiin on myös usein määritelty että, policyn vaatimusten täyttäminen ei välttämättä tarkoita vielä sitä, että peering sopimus solmittaisiin ja yhteys muodostettaisiin, vaan siinä voidaan ottaa huomioon myös muut vaikutukset esim. Elisan Peering-määrittelyissä on mainittu erikseen;

”Edellisten vaatimusten lisäksi Elisa ottaa huomioon potentiaalisen peering-suhteen muut vaikutukset. Lisäksi potentiaalisen peering-suhteen toteuttamiseen vaikuttavat muun muassa, mutta ei rajoittuen ainoastaan niihin, seuraavat asiat: liitännöiden saatavuus, Elisan verkon kapasiteetti, yhteenliittämisen kustannukset ja peering sopimuksesta sopiminen ja sen allekirjoittaminen”- (Elisan peering periaatteet Suomessa n.d.)

Muita vaatimuksia tarkastellessa huomataan vähemmän samoja määriteltyjä asioita eri toimijoiden kesken mutta huomataan aiemmin tunnistettu piirre policyjen sisältöjen samankaltaisuudesta, kun TDC ja Tele2 määrittelevät kustannuksien jakamisen naapurisuuden kesken melkein pä identtisesti.

TDC:

”Each party will bear its network cost. Expenditures for interconnection are shared between TDC and peer.”- (TDC/AS3292 peering policy as of Jan. 11th 2007 2007.)

Tele2:

”Each party will bear its network cost. Expenditures for private interconnections will be shared between TELE2 and the applicant.”- (Settlement-Free Interconnection Policy for AS1257 n.d.)

Taulukko 3 Eri toimijoiden muita vaatimuksia

Muut Vaatimukset	Goog le	British Tele- com	Liberty Global	TD C	Tele 2	Telia Car- rier	Net- flix	Veri- zon	Elis a	Telen or
Vaatii sopimuksen			x		x	X		X	x	
Mainitsee Peer- ingDB:n	x		x							
Salassapitosopi- mus			x		x			X	x	

Johtopäätökset

Huomataan että, peering policyn määrittely ei noudata standardinomaista pohjaa vaan määräytyy oman tarpeen mukaisesti, joka on vastaus kysymykseen mitä peering-yhteyksillä halutaan saavuttaa.

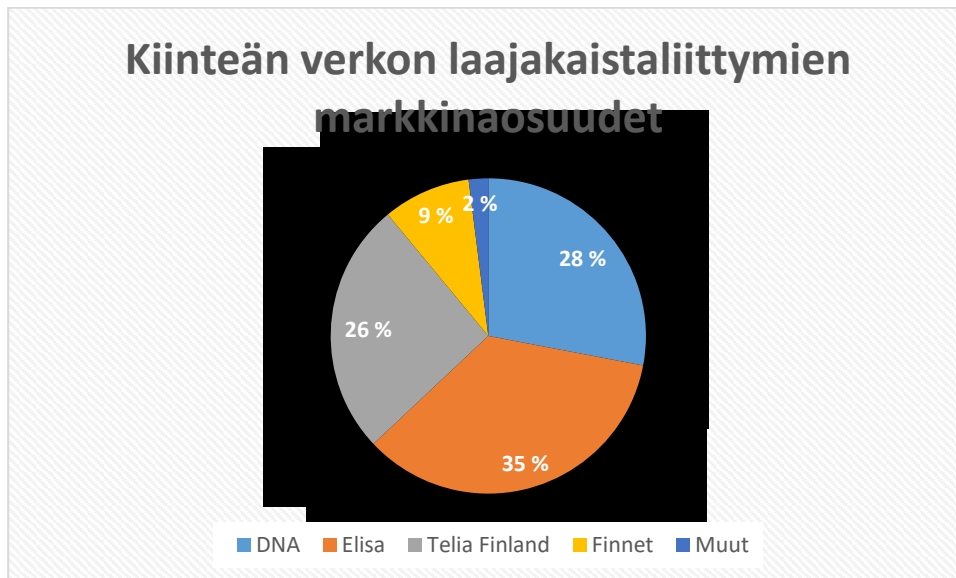
Esimerkiksi Tier 1 luokiteltavat verkot Liberty Global ja Telia Carrier vaativat kansainvälisen runkoverkon ja suuret liikennemäärät kun taas CDN verkot Google ja Netflix eivät vaadi maantieteellisiä vaatimuksia eikä tiettyjä liikennemääriä, sillä verkojen tarve ja käyttötarkoitukset eriävät. Sama pätee myös muille verkoille, jossa määriteltävät vaatimukset vaihtelevat tarpeen mukaisesti.

4 Lähtökohdat Peering Policyn määrittämiseen

4.1 Peering markkinat Suomessa

Aiemmin kappaleessa 3 tarkasteltiin Internetin hierarkista rakennetta ja sen muodostamaa ekosysteemiä, joten Suomen Peering markkinoita tutkiessa on tarkasteltava markkinoita alueellisesti hierkkiselta tasolta. Aiemmin Internetin ekosysteemiä tutkiessa todettiin se että, ekosysteemin huipulla ovat ne, joilla on suurin kokonaissaa-tavuus omasta verkostaan eli ns. "Customer Cone" esimerkiksi eri Tier 1 verkot. Customer Cone saadaan laskemalla Omat verkot + asiakkaiden verkot + asiakkaiden omien asiakkaiden verkot ja niistä saadut ipv4 osoitteet yhteen. (Caida AS Rank 2019.)

Traficomin teettämiä tilastoja tutkiessa huomataan, että Suomessa teleoperaattori-toiminnan markkinaosuudet (matkaviestintäverkot ja kiinteät laajakaistayhteydet). Jaetaan neljän operaattorin kesken Telia Finland, Elisa, Dna ja Finnet (ks. kuvio 11) (Televiestintäalan markkinaosuuksia 2019.)

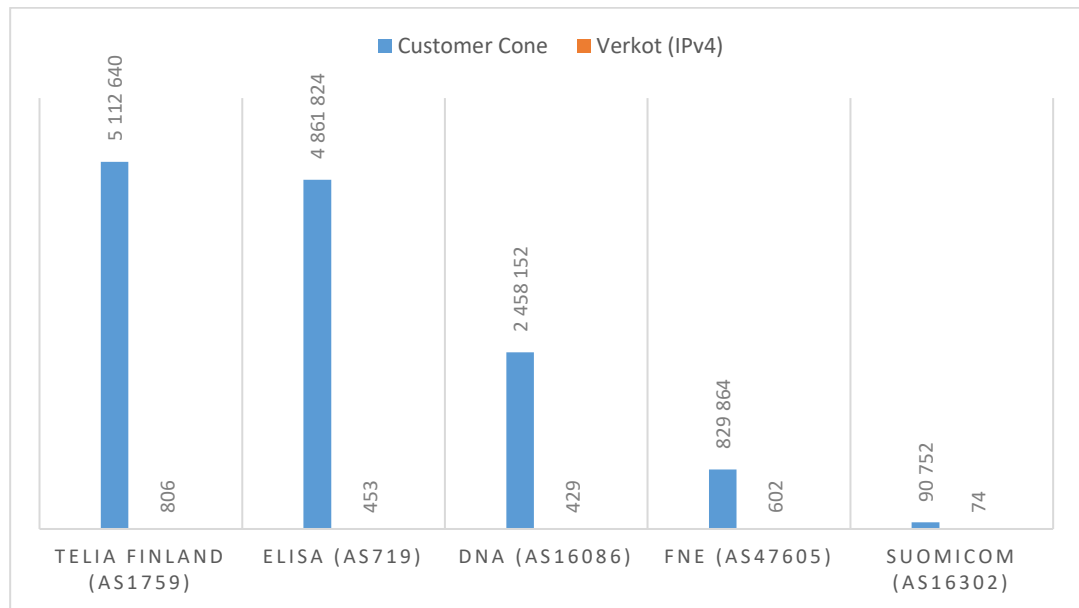


Kuvio 9. Kiinteän verkon laajakaistaliittymien markkinaosuudet.

Peering markkinoiden tutkimista varten otetaan tarkasteluun yllämainitut teleoperaattoritoiminnan markkinaosuuksien suurimmat toimijat sekä muihin 2% kuuluvista Suomicom.

Yllämainittujen viiden eri operaattorin kokonaissaatavuutta tarkastellessa (ks. kuvio 12) nähdään että Telia Finlandin ja Elisan verkoista periaatteessa tavoittaa melkein kolmasosan Suomeen allokoituista 14,549,345 IP-osoitteista. (Finland IP Address Ranges. 2019)

Kuviosta 12 saadaan selville Suomen halutuimmat peering kumppanit.



Kuvio 10. Suomessa toimivien eri operaattoreiden kokonaissaatavuus (Customer cone) ja niiden mainostamat verkot.

On todennäköistä, että kuviossa 12 mainitut neljä suurinta toimijaa ovat muodostaneet peering-yhteydet keskenään ja että loput Suomeen allokoituista 323 ASN:stä ovat neljän suurimman toimijan saavutettavissa, joko suoraan asiakkaina tai peering-yhteyksien kautta. (Finland (FI) - Autonomous System Number delegations 2019.)

4.2 Nykytilanne Telia Finland

4.2.1 Telia Finland yrityksenä

Telia tarjoaa Suomessa kuluttujille puhelinliittymiä, mobiilin- ja kiinteänlaajakaistan yhteyksiä koteihin. Yrityksille tarjonta tietoliikennepalveluiden osalta on laajempaa ja valikoimaa tietoturva palveluista laajempiin verkkotamispalveluihin ja jatkossa Telian ICT-palveluiden tarjonta suomessa laajenee sen uusien yritysostojen myötä entisestään. (About the Company n.d.)

Televiestintäalan markkinaosuuksia tarkastellessa huomataan Telia jakaa markkinat DNA:n, Elisan ja Finnetin kanssa ja tulee esimerkiksi toisena 34%:lla matkaviestintäverkon liittymien osalta ja kolmantena 27%:lla kiinteän verkon laajakaistaliittymien osalta. (Mts 25)

Telia Finland tarjoaa asiakkailleen verkostaan IP-transit-yhteyksiä tällä hetkellä paikallisesti, alueellisesti ja globaalisti. Telia Finlandin Internet palveluntarjoajana toimii Telia konserniin kuuluvan Telia Carrier. Lisäksi Telia Finland on läsnä Ficixin yhdysliikennepisteissä Helsingissä ja Espoossa, jonka välityksellä toteutetaan peering-yhteyksiä eri toimijoiden välillä. (About the Company n.d; Ficix Statistics 2019.)

Telia on kuitenkin siirtymässä aloille joissa muut perinteiset toimijat eivät vielä ole, esim. Telia Liiga, Telia eSports, lisäksi Telia Finland on mukana aktiivisesti kehittämässä 5G-verkkoja 5G-momentum hankkeessa, jonka tarkoituksena on luoda suomesta 5G-kärkimää. Näissä uusissa aluevaltauksissa, joihin Telia on siirtymässä kuitenkin, korostuu viive aiempaa enemmän. (5G Momentum -ekosysteemin jäsenet 2019.)

4.2.2 Telia Finlandin verkon kehittämisen ja ylläpidon strategia

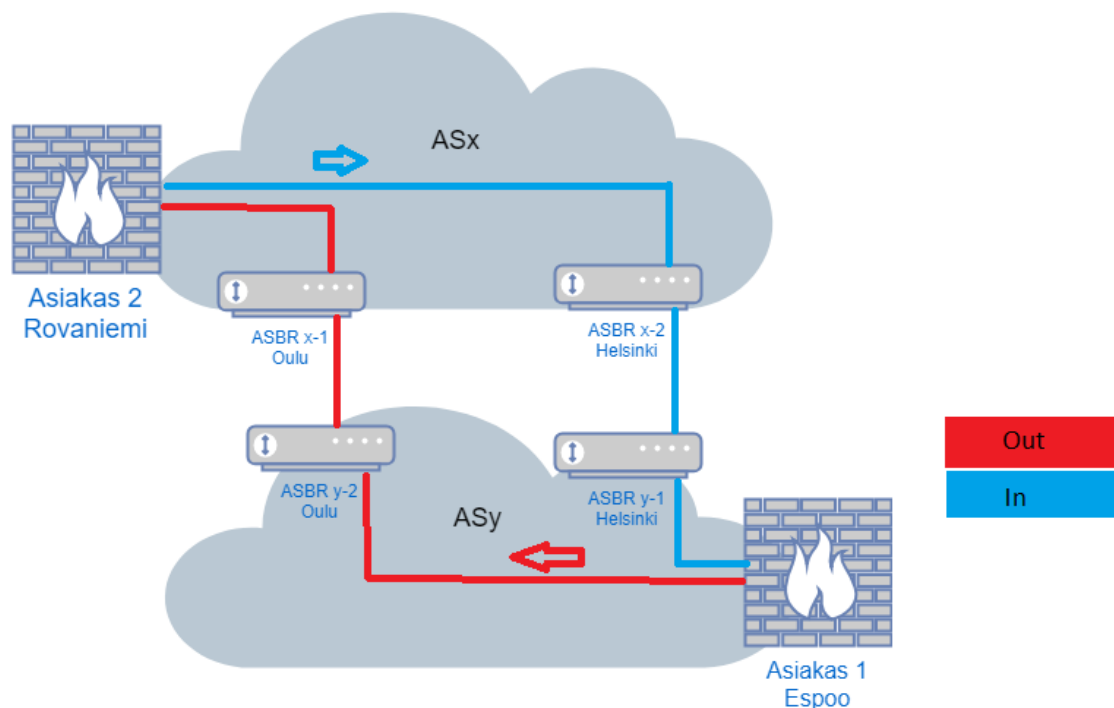
Telia Finland pyrkii verkkostrategiallaan luomaan ja ylläpitämään oman verkkonsa redundanttisuutta, viiveettömyyttä ja kapasiteetin kantokykyä. Liikennöinnin kulusta pyritään luomaan mahdollisimman symmetristä, joka täytyy huomioida määrittelyissä. (Maaniemi 2019).

Peering-yhteyksien muodostamisella alueellisesti Suomessa, saadaan jossain määrin luotua ja ylläpidettyä redundanttisuutta sekä viiveettömyyttä. Muodostamalla peering-yhteyksiä Suomen sisällä toimiviin toimijoihin luodaan samanaikaisesti redundanssia, jolloin kaiken liikenteen kuljettaminen ei jää Telia Finlandin Internet palveluntarjoajan eli Telia Carrierin yhteyden varaan. Samalla vähennetään myös viivettä suorien peering-yhteyksien myötä, kun liikennettä ei tarvitse kierrättää Telia Carrierin kautta.

Epäsymmetrisellä reitityksellä tarkoitetaan tilannetta, jossa paluureitti on eri, kuin lähtevällä. Liikenteen kulkemiseen toisen AS-alueen verkossa ei voida vaikuttaa oman verkon BGP polkuattribuuteilla, mutta epäsymmetrisen reitityksen syntymistä EGP-yhteyksissä voidaan kuitenkin estää ottamalla käyttöön verkossa BGP:n MED-

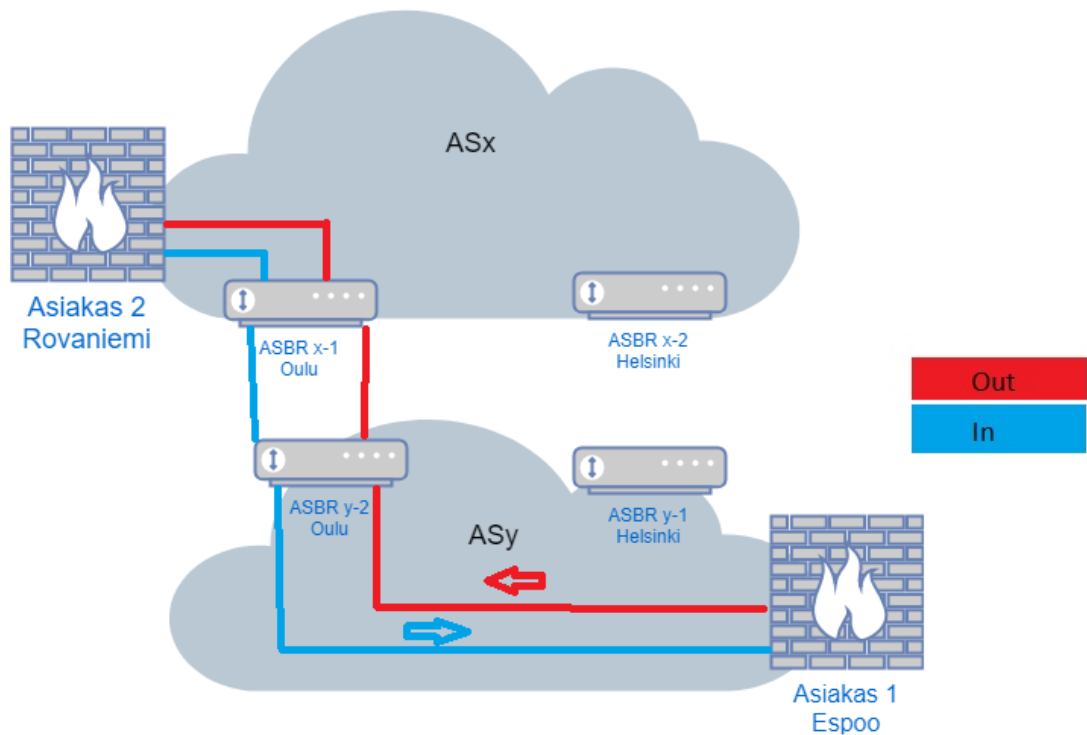
metriikat, joilla voidaan vähentää epäsymmetrisen reitityksen syntymistä kuljettamalla liikenne aina mahdollisimman lähelle omassa verkossa ("Best-Exit" / "Cold potato Routing") ja kertomalla toiselle AS:lle liikenteen sisääntulopiste. Liikenteestä on hyvä pyrkiä saamaan mahdollisimman symmetristä mutta epäsymmetrinen liikenne ei välttämättä haittaa, ellei liikennöivä laite pudota pakettia, joka palaa eri osoitteesta kuin alkuperäinen lähdeosoite.

Kuviossa 13 esimerkkinä jos kummatkin käyttävät "Cold-potato Routing / Best-Exit" menetelmää mainostamalla MED-metriikoita



Kuvio 11. Liikenteen kulku, jos kummallakin MED käytössä.

Symmetrisyyden kannalta paras tulos saadaan, jos toinen osapuoli käyttää MED-metriikoita. Esimerkiksi kuvio 14, jossa toinen ASy käyttää Cold-potato Routing / Best-Exit menetelmää ja toinen käyttää Hot-Potato-menetelmää. (Suhonen 2009.)



Kuvio 12. ASy:llä käytössä MED, ASx:llä Best-exit vs. Hot-potato Routing

Myös muilla BGP:n polkuattribuuteilla kuten Local Preference polkuattribuutilla voidaan ehkäistä epäsymmetrisen reitityksen syntymistä EGP-yhteyksissä jossain määrin manipuloimalla liikenteen kulkua oman AS alueen sisällä ja kertomalle liikenteelle suositeltu poistumisreitti. Tehokkain ratkaisu kuitenkin on liikennöidä omasta verkosta ulos yhdestä pisteestä, jolloin epäsymmetrisestä reititystä ei EGP-yhteyksissä pääse syntymään.

4.2.3 Palveluntarjoana ja mediatalona

Telia Finlandilla on tällä hetkellä yksinoikeudet lähettää Suomen jääkiekon SM-Liigaa. Katsominen onnistuu Telian verkossa, kaapeli-tv lähetyksenä tai Telia TV sovelluksella. Muut operaattorit ja kaapeli-tv yhtiöt ei voi tarjota Liiga-lähetyksiä omien viihdepalveluiden tai kaapeli-tv:n välityksellä.

”Kaudesta 2018–2019 lähtien Liiga on yksinoikeudella Telian tarjoama palvelu. Liigaa ei voi ostaa muiden operaattoreiden kautta. Jos siis olet Elisan, DNA:n tai paikallisen kaapeli-tv-yhtiön asiakas, et saa liigaa ko. toimijoiden viihdepalveluiden kautta tai kaapeliverkossa. Saat Liigan kuitenkin millä tahansa yhteydellä Telia TV digiboksille ja Telia TV sovelluksen kautta, tai Telian kaapeli-tv:n kautta.” – (Kysymyksiä ja vastauksia N.d.).

Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että Liiga-lähetyksiä katsova asiakas joutuu liikennöimään Telian verkkoon (AS1759) riippumatta siitä minkä operaattorin internetyhteyden perässä asiakas on. Tarkemmin ottaen Telia lähettää omasta verkosta vastaanottavalle laitteelle Liiga-lähetyksen. Tämä luo Telian verkosta paljon ulosmenevää liikennettä, joka tarkoittaa sitä, että toisten operaattoreiden verkot vastaanottavat suuret määrät Telia lähtöistä liikennettä toisten operaattoreiden verkkoihin.

Telia ilmoitti marraskuussa 12.11.2019 että Euroopan komissio on hyväksynyt Telia Companyn ja Bonnier Broadcastingin välisen yrityskaupan. Bonnier Broadcasting omistaa Suomen yhden suurimmista mainostelevisiokanavista MTV3:n. MTV3 tarjoaa kaapeli-tv lähetysten lisäksi suoratoistoa ja livelähetyksiä verkossa. Jo Telia liiga lähetysten myötä huomattiin huima nousu liikennemäärissä muihin verkkoihin. Voidaan vain arvioida, kun MTV3 siirtyy Teliälle, että liikennemäärät tulevat nousemaan entisestään ja tulevaisuutta varten täytyy Telian löytää ratkaisu, kuinka liikenne siirretään tehokkaasti ja viiveettömästi muiden operaattorien verkkoihin. (Maaniemi 2019; Telia Company sai hyväksynnän Bonnier Broadcastingin yrityskaupalle 2019.)

Ensimakua tulevaisuuden livelähetyksistä kaapeli-tv talouksiin ja suoratoistona verkkoon Telia sai Telia Esports Seriesistä, jossa lähetyksien alustana oli Sub tv-kanavalta sekä MTV-palvelusta (ent.Katsomo) verkon välityksellä. Lähetykset tavoittivat yli 430 000 suomalaista MTV kanavien kautta. (Hujanen 2019.)

”Telia Esports Seriesin CS:GO-pelejä voi seurata Subilta perjantaisin iltayhdeksältä. Lähetykset ovat suorita ja ne löytyvät samaan aikaan myös mtv-palvelusta, eli entisestä Katsomosta. Perjantailähetyksen lisäksi mtv-palvelusta voi seurata Seriesiä tiistaisin klo 20, jolloin luvassa on aina kolme ottelua. Ensimmäinen suora pelilähetykset tulee Subilta perjantaina 26.4. klo 21.” – (Peltola 2019.).

4.3 Tulevaisuudessa

Viiveen painoarvo verkoissa kasvaa ja myös Telian on kyettävä tarjoamaan yhteytensä mahdollisimman viiveettömästi jatkossakin. Lyhin looginen matka ei välttämättä kerro viiveettömintä reittiä vaan suoriin ja lyhyin fyysinen matka ratkaisee, jolloin suorien peering-yhteyksien tarve korostuu. (Madden 2019.)

Suorien peering-yhteyksien kysyntä tulee kasvamaan viivekriittisten palveluiden ja sovellusten myötä. Esimerkkinä tulevaisuuden viivekriittisistä palveluista joissa peering-yhteyksillä on korkea rooli suorituskyvyn eli viiven kannalta voidaan pitää TCP-protokollaan pohjautuvia sovelluksia kuten esimerkiksi pilvipelaamista ja korkearesoluutioisia videolähetyksiä. Sillä vaikka asiakkaan yhteyden nopeus olisi riittävä mutta jos asiakas sijaitsee tarpeeksi kaukana kohteesta, josta pilvipelaamisen palvelut tai videolähetykset tuotetaan lähetyksen laatu kärsii rajusti. Sillä fyysisen matkan kasvaessa myös viive kasvaa johtuen fysiikan laista ja viiveen kasvulla on taas suora vaikutus TCP-protokollan kaistan nopeuteen. Viiveen vaikutus TCP-protokollaan kaistan nopeuteen johtuu TCP protokollan ominaisuudesta, jossa se takaa, että jokainen paketti vastaanotetaan ja paketit saapuvat järjestyksessä perille, odottamalla kuittauksen paketin vastaanottamisesta ennen uuden paketin lähettämistä.

TCP-ikkunan koko määrää siis ajan minkä lähettäjä odottaa kuittausta vastaanottajalta ennen uuden paketin lähettämistä, ikkunan koko taas määräytyy lähettäjän ja vastaanottajan viiveen mukaisesti ja viiveen kasvaessa lähettäjä odottaa pidemmän aikaa kuittausta vastaanottajalta ennen seuraavaan paketin lähettämistä. Yksinkertaistettuna tarkoittaen sitä, että viive ja TCP-ikkunan koko määrää kaistan nopeuden jolloin, loppukäyttäjän yhteyden nopeudella ei ole väliä, jos viive on suuri. (Hedlund 2008; Network latency and its effect on application performance 2015.)

Google, Microsoft ja Amazon ovat julkaisemassa omat palvelunsa pilvipelaamiseen. Pilvipelaamisen idea perustuu siihen, että laskentateho tuotetaan jaetulta alustalta ja pelkkä reaaliaikainen kuva lähetetään verkon läpi loppukäyttäjälle. 200ms

(näppäimistöstä silmille) viivettä voidaan pitää maksimiarvona sille että lähetys vaikuttaa loppukäyttäjälle viivettömälle, on arvioitu, että pelkästään pelin laskenta vie 130ms, joten internetpalveluntarjoajan vastuulle tiedonsiirtoa varten käyttäjältä pilveen ja pilveltä käyttäjälle jää 70ms Round-Trip-Time. (Atkinson, M 2019.)

Selvitetään nouseeko viive liian korkeaksi, jotta pilvipelaamisen palveluita ja 4K-videolähetyksiä voidaan tarjota suomessa ja lasketaan esimerkkinä TCP protokollan kaistanopeus Helsinki-Rovaniemi välille. Matka Helsingistä Rovaniemelle linnuntietä on 706km. Valonnopeus optisessa kuidussa saadaan Ville Juntusen kirjoittamasta opinnäytetyöstä Optiset verkot vuodelta 2015, jossa valonnopeus on 200 000 km/s. (Juntunen 2015.)

Teoreettiseksi viiveeksi yhteen suuntaan saadaan:

$$\frac{706km}{200\,000\,km/s} = 0,00353s \approx 3,53ms$$

Lisätään viiveeseen 20% ylimääräistä verkkolaitteiden käsittelystä:

$$3,53ms * 1,2 = 4,236ms.$$

Teoreettinen RTT on tällöin:

$$4,236ms * 2 = 8,472ms.$$

Vertailun kohteeksi otetaan tulos, jossa RTT mitataan, Telian verkossa julkisia IP-osoitteita käyttäen, jolloin saadaan tulos kuvastamaan kuluttajan näkökulmaa, kun liikenne kulkee samaa polkua pitkin kuin muillakin Telian verkon asiakkailla.

Julkisen verkon läpi RTT:ksi saadaan sadalle ICMP-paketille:

```
Pinging X.X.X.X with 32 bytes of data:
Ping statistics for X.X.X.X:
    Packets: Sent = 100, Received = 100, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 32ms, Maximum = 49ms, Average = 34ms
```

Keskimääräinen RTT on tällöin 34ms.

Tulosten perusteella lasketaan TCP:n antama nopeus teoreettiselle ja julkisen verkon läpi saadulle RTT:lle jos TCP ikkunan koko on standardi 64KB.

Käännetään TCP:n käyttämä standardi ikkunan koko kilotavuista tavuiksi:

$$64KB = 65536B \text{ (Tavua)}.$$

Muutetaan saatu tavumäärä biteiksi:

$$65536B * 8 = 524288b \text{ (bittinä)}$$

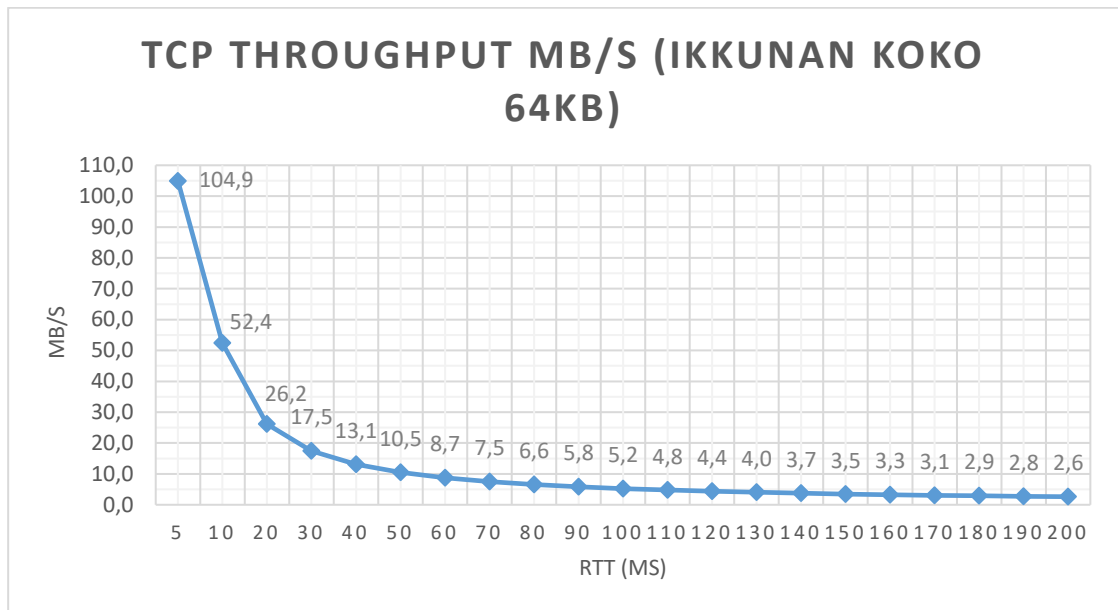
Jaetaan saatu bittimäärä teoreettisella RTT:llä ja julkisen verkon läpi saadulla RTT:llä:

$$\frac{524288b}{0.008472s} = 61884797b/s \approx 61,2Mb/s$$

$$\frac{524288b}{0.034s} = 15420235,3b/s \approx 15,4Mb/s$$

TCP:n antamaksi nopeudeksi Helsingistä Rovaniemelle saadaan teoreettiselle arvolle 61,2MB/s ja taas verkosta saadulle arvolle 15,4Mb/s. Akamain tutkimuksessa on arvioitu, että 4K-lähetysten vastaanottamiseen täytyy olla minimissään 15-20Mb/s yhteys ja vuonna 2013 Copenhagen Future of TV konferenssissa Netflixin CEO Reed Hastingsin mielestä 15Mb/s riittää lähetysten vastaanottamiseen. (Streaming toward television's future: A detailed look at 4K video and how Akamai is making it a reality 2015.)

Tarkastellessa teoreettisia TCP:n antamia nopeuksia (ks. kuvio 15.) Huomataan että jo 40ms RTT:n saavuttaessa TCP:n antama nopeus tippuu alle vaaditun minimin 4k lähetyksiin.



Kuvio 13 TCP antama nopeus eri viiveillä (RTT) jos ikkunan koko on standardi

Eli viiveellä on iso merkitys TCP-protokollaan pohjautuvissa sovelluksissa ja palveluissa. TCP-protokollan luoma haaste korkean viiveen kanssa on kuitenkin ratkaistu osittain sovellustasolla ja esimerkiksi http/2 luo samanaikaisesti useita eri sessioita, jossa välittää pyyntöjä yhden TCP-yhteyden sisällä. Myös Googlen kehittämät protokollat vastaavat TCP:n luomaan haasteeseen, esimerkkinä QUIC, joka multipleksoi käyttäjän lähettämän ja vastaanottaman datan useaan eri UDP-yhteyteen. Ongelma voidaan välttää myös muilla keinoilla, kuten tuottamalla palvelut lähempänä asiakasta, jolloin viivettä saadaan kontrolloitua paremmin esimerkiksi, Google ja Netflix ylläpitää omia "Cache" - palvelimiaan, jolla palvelut niin ikään kuin tuotettaisiin asiakkaan lähellä. Myös PNI-yhteyksillä voidaan vähentää viivettä, jos liikenne voidaan vaihtaa palveluntarjoajan kanssa lähempänä aluetta, jossa viiveet havaitaan olevan korkeampia. (Hsu 2019; Madden 2019.)

Myös DNS-juurinimipalvelimia voidaan pitää viestintäverkkojen toiminnan kannalta kriittisenä, ja sama pätee myös varmasti valtiollisesti. Yhdysliikennepisteistä Ficix ylläpitää paikallisia kopioita I-, J- ja K-juurinimipalvelimista, joista I-juurinimipalvelinta Espoossa, K-juurinimipalvelinta Helsingissä ja J-juurinimipalvelinta Oulussa. Tähän mennessä kuitenkin Valtion viestintävirasto tai kyberturvallisuuskeskus ei ole antanut

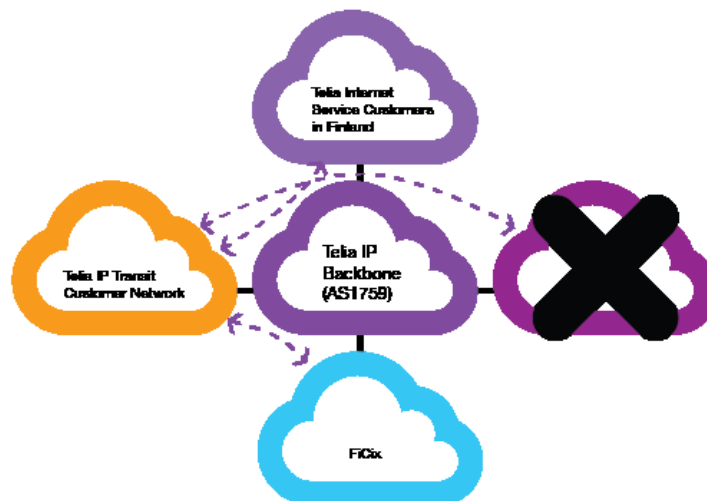
operaattoreille virallista määräystä läsnäolosta yhdysliikennepisteissä tai peering-yhteyksien toteuttamisesta keskenään. (Ficix, Tietoa N.d; Importance of DNS root servers 2016.)

4.4 Telia Finland AS1759 paid-peering

Tulevaa ”Paid-peering” – tuotetta voidaan tarjota asiakkaalle kompensoimaan tilannetta jossa potentiaalinen peering kumppani ei täyty kaikkia kriteerejä joita peering policyssa määritellään tai nähdään ettei peering-yhteyden muodostaminen ole Telian osapuolta hyödyttävä jotta peering-yhteyden muodostaminen voisi olla vastikkeitä potentiaalisen kumppanin kanssa.

Ero nykyiseen National IP-transit tuotteeseen

Tuote eroaa Telia Finlandin jo nyt tarjoamaan alueelliseen IP-transit tuotteeseen, Erona on, että peering-yhteys toteutetaan joko, yhdysliikennepisteen välityksellä tai PNI-tyyppisesti erikseen sovitussa kohteessa, kun taas transit-yhteys voidaan tarjota suoraan Telia Finlandin Access-verkosta (ks. kuvio 16)



Kuvio 14 Telian National IP-transit tuote – ruksattuna pilvenä Internet.

5 AS1759 peering policyn määrittely

Seikkoja, jotka Telia Finlandin peering policyn määritelmässä huomioitiin:

- I. On riittävän avoin tukeakseen kehityksessä olevaa paid-peering tuotetta
- II. Telian Finlandin nykytilanne & Peering markkinat Suomessa
- III. Telian Finlandin verkon kehittämisen strategia
- IV. Tulevaisuus

Peering policy lähdettiin luomaan hyvin avoimelta pohjalta. Perusteena tälle on vastaanottaa mahdollisimman paljon hakemuksia, joiden perusteella voidaan tarjota asiakkaalle sopivaa ratkaisua peering-yhteydestä, joko vastikkeettomana tai vastikkeellisenä.

5.1 Maantieteelliset vaatimukset

Useampaa liitännästä ei määritelty, sillä liikenne halutaan säilyttää mahdollisimman symmetrisenä.

5.1.1 Vaatimus 1

- Toivomme, että kumppanilla on oma redundanttinen Suomen keskeisimmät asutuskohteet kattava runko- ja jakeluverkko.

Miksi

Kumppanilla täytyy olla oma runko- ja jakeluverkko, joka kattaa Suomen keskeisimmät asutuskohteet. Tällä toivomuksella pyritään siihen, että potentiaalinen kumppani on läsnä Suomessa ja pystyy luotettavasti kuljettamaan Telia lähtöistä liikennettä luotettavasti asiakkailleen asti omassa verkossaan.

5.1.2 Vaatimus 2

- Kumppanilla on valmius liitännään yhdysliikennepisteissä, joissa Telia Finland on läsnä tai erikseen sovitussa kohteessa.

Miksi

Liitântäpiste peering-yhteyksille voidaan toteuttaa yhdysliikennepisteessä jossa, Telia on läsnä kuten Ficix:n pääkaupunkiseudun tilat. Yhteys voidaan myös toteuttaa erikseen sovittuna PNI-tyyppisenä.

5.2 Tekniset, fyysiset & operatiiviset vaatimukset**5.2.1 Vaatimus 3**

- Kumppani mainostaa yhteensä kokoluokaltaan vähintään /16 IPv4 verkkoa tai vastaavaa määrää.
 - Hyväksymme IPv4 verkot /6 - /25 & IPv6 verkot /18 - /48

Miksi

Kappaleessa 4.2.3 huomataan, että Telian verkon liikennemäärät ovat ulospäinsuuntauneet, joka huomioitiin peering policya määrittellessä. Telian AS1759 tapauksessa myös liikenteen tarkempi suhde ja kapasiteetin määrä jätettiin määrittelemättä peering policyyn ja lisättiin vaatimus, että potentiaalinen kumppani mainostaa vähintään 250 /24 IPv4, joka muotoillaan yksinkertaisemmin kokoon /16 verkkoa. Vaatimuksella saadaan tehokkaasti poissuljettua verkot, joiden liikennemäärä ei ole riittävän suuri, jotta vastikkeetonta peering-yhteyttä voidaan tarjota.

5.2.2 Vaatimus 4

- Kumppani mainostaa vain omia ja asiakkaidensa verkkoja. Kumppani saa reitittää liikenteensä Telia Finlandille vain Telia Finlandin BGP:llä kumppanilleen mainostamiin verkkoihin.

Miksi

Policyssa mainitaan, ettei kumppani saa reitittää liikennettään Telia Finlandille, ellei Telia Finland ole sitä mainostanut kumppanilleen BGP:llä, sillä kumppanilla ei ole mitään syytä reitittää Telia Finlandille omaa liikennettään, jota Telia Finland ei ole kumppanilleen mainostanut BGP:llä. Liikenteen ohjaamisen staattisilla reiteillä tai Gateway of Last Resort -tyyppisesti peering-yhteyden välityksellä Telia Finlandin

verkkoon verkkoa varten jota Telia Finland ei mainosta BGP:llä voidaan pitää yhteyden väärinkäytöstä ja jopa palvelun varastamisena ja täten mainitaan peering poliicyssa.

5.2.3 Vaatimus 5

- Kumppanilla on 24/7/365 toimintavalmiudessa oleva verkonvalvonta, jolla on kyky reagoida nopeasti verkossa syntyviin ongelmiin ja on valmis koordinoimaan vianselvitystä yhteistyössä Telian NOC:n kanssa.
 - Kumppani ylläpitää prosesseja, joilla luoda vikatikettejä ja omaa omat prosessit, joilla vastata luotuihin vikatiketteihin ja tarvittaessa eskaloida niitä.

Miksi

Kumppanilla täytyy olla valmius operatiivisiin toimiin verkon vikatilanteissa, ja tarpeelliset kanavat luoda vikailmoitukset. Tällä varmistetaan yhteistyö vikatilanteissa ja viralliset kanavat edistämään vianselvitystä.

5.2.4 Vaatimus 6

- Kumppanin täytyy tiedottaa omassa verkossa tapahtuvista muutoksista mahdollisimman pian, jos ne vaikuttavat oleellisesti Telian kuljettamaan liikenteeseen.

Miksi

On tärkeää, että kumppani ilmoittaa mahdollisista muutoksista omassa verkossaan mahdollisimman pian, jos se vaikuttaa Telian kuljettamaan tai väliseen liikenteeseen, tällöin muutoksesta aiheutuviin mahdollisiin häiriöihin voidaan varautua ja varautumisen ansiosta kokonaan välttää. Tieto muutoksesta auttaa myös tarpeen tulleen vianselvitystä muutoksen jälkeisten vikatilanteiden varalta.

5.3 Muut vaatimukset

Muiden määriteltyjen vaatimusten lisäksi, muut osiossa määritellään yleisempiä vaatimuksia potentiaaliselle kumppanille.

5.3.1 Vaatimus 7

- Potentiaalinen kumppani on taloudellisesti vakaa ja on valmis investoimaan peering-liikennettä hyödyttävän verkkoinfrastruktuurin kehittämiseen ja ylläpitoon.

Miksi

Muut osiossa on ensimmäiseksi mainittu vaatimus taloudellisesta vakaudesta ja valmiudesta investoida peering-yhteyttä hyödyttävän verkkoinfrastruktuurin kehittämiseen ja ylläpitoon. Tällä halutaan varmistaa, että esimerkiksi liikennemäärien noustessa kumppanilla on valmius operatiivisesti ja taloudellisesti nostaa kapasiteettia liikennemäärien noustessa.

5.3.2 Vaatimus 8

- Toivomme, että potentiaalinen kumppani ylläpitää aktiivisesti PeeringDB tai vastaavan sivuston tietoja omasta verkostaan ja täyttää MANRS jäsenyyden vaatimukset tai on jo jäsen.

Miksi

Muut vaatimukset osioon määriteltiin myös toivomukset että, kumppani ylläpitää tietojaan omasta verkostaan PeeringDB tietokannassa. PeeringDB on verkossa vapaasti ylläpidetty tietokanta johon, verkkojen (AS), yhdysliikennepisteiden (IX) ja konesalien ylläpitäjät tai vastaavat voivat kirjata oman verkkonsa tiedot. PeeringDB mainitsee omilla sivuillaan, että se on ensimmäinen pysäkki ennen kuin tehdään päätöksiä peering-yhteyksien muodostamisista. (Frequently asked questions N.d)

Toinen samankaltainen vapaaehtoisuuteen perustuva vaatimus MANRS (Mutually Agreed Norms for Routing Security) jäsenyys tai jäsenyyden vaatimusten täyttäminen, joka sivuaa samassa kappaleessa määriteltyä vaatimusta PeeringDB tietokannan ylläpidosta oman verkon osalta. Vaatimuksia on 4 kohtaa ja ovat seuraavat operaatoreille (ISP):

"1. Prevent propagation of incorrect routing information.

2. Prevent traffic with spoofed source IP addresses.

3. Facilitate global operational communication and coordination between network operators.

4. Facilitate validation of routing information on a global scale." – (MANRS for Network Operators.

N.d)

Yksinkertaistettuna MANRS mainitsemien vaatimusten tarkoituksena on estää yleisimmät reititysvirheet ja niihin liittyvät haavoittuvuudet ja lisäksi lisätä yhteistyötä eri toimijoiden välillä käyttäen internetissä ylläpidettäviä tietokantoja kuten, PeeringDb sekä IRR (Internet Routing Registry). IRR:ssä ylläpidetään AS-alueen reititystietoja. (MANRS for Network Operators N.d.)

5.3.3 Vaatimus 9

- Potentiaalinen kumppani on valmis allekirjoittamaan kirjallisen sopimuksen kahdenkeskisestä peering-yhteydestä.

Miksi

Peering-yhteyttä varten kumppanin täytyy allekirjoittaa kahdenkeskinen sopimus Telian kanssa, jossa määritellään tarkemmin yhteyteen liittyvät yksityiskohdat, tekniset asiat ja vastuut.

5.3.4 Vaatimus 10

- Telia Finlandin peering policy on alisteinen Telia Carrierin peering policylle.
 - Esimerkiksi, jos potentiaalinen kumppani on Telia Carrierin asiakas tai peering kumppani, voi potentiaalinen kumppani muodostaa peering-yhteyden Telia Finlandin AS1759 kanssa vain erikseen sovitusti.

Miksi

Kappaleessa 4.2, jossa tutkittiin Telia Finlandin nykytilannetta, todettiin että Telia Carrier toimii Telia Finlandin internetpalveluntarjoajana. Tämän myötä Telia Finland on alisteinen Telia Carrierin peering policylle. Tämä luo oman haastavuutensa, määriteltessä Telia Finlandin peering policya. Jos potentiaalinen kumppani ostaa transit-yhteyden Telia Carrierilta ja muodostaisi peering-yhteyden Suomessa paikallisesti Telia Finlandin kanssa, luotaisiin ristiriita Telian sisällä, jossa asiakas säästää transit-kuluissa Suomeen kulkevan liikenteen osalta. Tästä syystä on policyssa maininta, että

kumppani voi vain erikseen sovittuna muodostaa peering-yhteyden Telia Finlandin kanssa, jos kumppani on jo valmiiksi Telia Carrierin peering tai IP-transit asiakas.

5.3.5 Vaatimus 11

- Peering policyissa määritetyt ehdot ja vaatimukset ovat vain suuntaa antavia ja niiden täyttäminen tai täyttämättä jättäminen ei vaikuta mahdollisen sopimuksen syntymiseen.

Miksi

Peering policyissa määritellyt ehdot ja vaatimukset ovat suuntaa antavia, sillä peering-yhteyden tarkemmat yksityiskohdat sovitaan kumppanin kanssa erillisellä sopimuksella. Paid-peering tuotteistuksen myötä voidaan potentiaalista kumppania tulla vastaan, jos se ei täytä kaikkia ehtoja tai vaikuttaa ettei peering-yhteys tuo yhteistä hyötyä.

5.3.6 Ohje hakemisesta

- Jätä vapaamuotoinen viesti wholesale-fi@telia.fi – osoitteeseen, sisällytä viestiisi verkkonne AS numero, ja mainostamienne IPv4 ja IPv6 verkkojen määrä sekä ilmoita mahdollinen yhteenliitäntäpiste jossa peering-yhteys toteutetaan.

Miksi

Määriteltyjen vaatimusten jäljiltä päätetään peering policy ohjeeseen, jossa kerrotaan minne lähettää ja mitä sisällyttää hakemukseen.

6 Pohdinta

Työ tutkimustavoitteena oli Telian Finlandin AS1759 peering policyn määrittelemine ja asetettu tavoite saavutettiin. Työ vastaa asetuttuihin tutkimuskysymyksiin ja vastauksien perusteella tehtyjä johtopäätöksiä sovellettiin onnistuneesti peering policya määritellesä. Työn pohjalta luotiin luonnokset Telia Finlandin peering policysta suomeksi ja englanniksi (ks. liite 1 ja 2).

Opinnäytetyötä kirjoittaessa ja tutkiessa ymmärrys käsiteltävästä aiheesta ja sen aihealueesta kasvoi paljon verrattuna lähtötilanteeseen, jossa ainoastaan peering ilmiönä oli jotenkin tuttu. Opinnäytetyön tutkittava aihealue osoittautui erittäin mielenkiintoiseksi ja avasi internetin toiminnan kannalta kriittisiä ilmiöitä auki laajasti, vaikka opinnäytetyössä ei sukelta syvemälle peering tai transit -yhteyksien BGP-protokollalla tehtyihin teknisiin toteutuksiin. Kuitenkin jos työn tekemisen aloittaisi alusta niin BGP:n toiminnan avaaminen ja sen vaikutus Internetiin olisi isommassa roolissa.

6.1 Aineiston hankinta ja vaatimusten määrittely

Suoraa vastaavanlaista työtä, jossa määritellään Suomessa toimivan operaattorin peering policy ja tutkitaan mitkä tekijät vaikuttavat sen määrittelyn en löytänyt oman työni aikana. Tästä huolimatta Nortoni keräämä tieto eri peering-vastaavilta omalle drpeering -sivustolleen White Paper -tyylisillä artikkeleillaan osoittautui työlle merkittäväksi aineistoksi.

Luotettavan datan kerääminen osoittautui osittain haastavaksi sillä IP-osoite ja AS allokatioiden statistiikkaa ei ollut tarjolla virallisista lähteistä kuten RIPE:n tai IANA:n tarjoamina. Myös AS-rank -sivuston tuottama dataa voidaan luotettavuudeltaan pitää suuntaa-antavana eikä absoluuttisena.

Vaatimuksia määritellesä huomioitiin tarkasti toimeksiantajan lähtökohdat ja toimeksiantajan kanssa käydyt keskustelut antoivat suunnan Telian peering strategialle

peering policyn määrittelyä varten. Määrittelyissä hyödynnettiin kirjallisuuskatsauksesta saatuja johtopäätöksiä, jotka antoivat vahvan raamin sille, miten peering poli-cyjen määrittelemistä lähdetään lähestymään yhdessä toimeksiantajan kanssa ja kuinka toimeksiantajan kanta peering-yhteyksille puetaan sanoiksi.

6.2 Projektinhallinta ja jatkokehityskohteet

Aikataulu työn osalta venähti ja yhteistyö työn aikana Jyväskylän ammattikorkeakou-lun ohjaajan kanssa olisi voinut olla tiiviimpää, jolloin myös todennäköisesti aikataulu työlle olisi pysynyt suunnitellussa. Telian eri asiantuntijoita näkökulmia olisi voinut hyödyntää enemmän peering policyn vaatimusten määrittämistä varten.

Vaikkakin Telia Carrier on jo MANRS jäsen, mielestäni hyvänä jatkokehityskohteena olisi MANRS määrittämien vaatimusten auditointi ja toteuttaminen Telia Finlandin verkossa.

Lähteet

5G Momentum -ekosysteemin jäsenet. 2019. 5G momentum hankkeen osallistujalista Traficomin verkkosivuilla. Päivitetty 4.11.2019. Viitattu 4.11.2019. <https://www.traficom.fi/fi/viestinta/viestintaverkot/5g-momentum-ekosysteemin-jasenet>

About the company, Markets and Brands, Finland. N.d. Tietoa Telia Finlandista - Telian verkkosivuilla. Viitattu 3.10.2019. <https://www.teliacompany.com/en/about-the-company/markets-and-brands/finland/>

About us. N.d. Tietoa Telia Carrierista - Telia Carrierin verkkosivuilta. Viitattu 3.10.2019 <https://www.teliacarrier.com/About-us.html>

AS15932 Peering Policy. N.d. Telenorin peering policy. Viitattu 17.8.2019. <https://www.telenor.com/globalwholesale/solutions/as15932-peering-policy/>

AS199508 IPv4 Route Propagation. 2019. Työkalu eri AS:ien reittien leviämisen tarkasteluun – Hurricane Networksin – verkkosivuilla. Viitattu 27.7.2019. https://bgp.he.net/AS199508#_graph4

AS-rank. N.d. Caidan ylläpitämänä tietokanta eri autonomisten alueiden verkkotiedoista Caidan ylläpitämällä As-rank – verkkosivustolla. Viitattu 16.8.2019. <http://as-rank.caida.org>

Atkinson, M. 2019. The "three L's" of real estate: Location, Location and Latency. Esitelmä European Peering Forum - tapahtumassa. Viitattu 26.9.2019. https://www.peering-forum.eu/system/documents/228/original/17-1100-Atkinson-Equinix_EPF_Presentation_FINAL.pdf

BGP Peer Report, Prefixes. 2019. Statistiikkaa eri autonomisten alueiden mainostamista IPv4 verkoista. Päivitetty 26.10.2019. Viitattu 28.10.2019. https://bgp.he.net/report/peers#_prefixes

British Telecom Peering principles. N.d. British Telecomin Peering principles. Viitattu 17.8.2019. <http://www.bt.net/network-information.html>

Caida AS Rank. 2019. Statistiikka eri AS-alueiden kokonaissaatavuuksista - Caidan verkkosivuilla. Päivitetty 1.8.2019. Viitattu 14.9.2019. <https://asrank.caida.org>

Çakmak, G. 2013. Internet Interconnection Ecosystem in Finland. Pro Gradu - tutkielma. Aalto yliopisto, Tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan laitos, tietoverkkotekniikka. Viitattu 26.5.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201401101071>

Elisan peering-periaatteet Suomessa. N.d. Elisan Peering policy. Viitattu 17.8.2019 http://carrierservices.elisa.fi/attachment/content/Elisan_peering_periaatteet.pdf

Ficix Statistics. 2019. Statistiikka Ficixin yhdysliikennepisteistä. Päivitetty 4.11.2019. Viitattu 4.11.2019. <https://stats-ficix.basen.com/#/page?name=StatsWelcome&source=wiki>

Ficix, Tietoa. N.d. Tieto Ficixin toiminnasta – Ficixin verkkosivuilla. Viitattu 3.8.2019. <https://www.ficix.fi/fi/information/>

Finland (FI) - Autonomous System Number delegations. 2019. Statistiikka Suomeen allokoiduista AS-alueista. Päivitetty 18.9.2019. Viitattu 19.9.2019 https://www-public.imtbs-tsp.eu/~maigron/RIR_Stats/RIR_Delegations/Delegations/ASN

Finland IP Address Ranges. 2019. Statistiikka Suomeen allokoiduista IPv4 osoitteista - IP2location verkkosivustolla. Päivitetty elokuussa 2019. Viitattu 12.9.2019. <https://lite.ip2location.com/finland-ip-address-ranges>

Frequently asked questions. N.d. PeeringDb:n usein kysytyt kysymykset. Viitattu 30.8.2019 <https://docs.peeringdb.com/faq/>

GLOBAL PEERING PRINCIPLES. N.d. Liberty Globalin peering principles. Viitattu 17.8.2019. <https://www.libertyglobal.com/operations/business-services/global-peering-principles/>

Google Peering Policy. N.d. Google peering policy. Viitattu 17.8.2019. <https://peering.google.com/#/options/peering>

Halabi, S. 2001. Internet Routing Architectures: Second Edition. Indianapolis: Cisco Press

Hedlund, B. 2008. How to Calculate TCP throughput for long distance WAN links. Artikkelin Brad Hedlundin verkkosivulla. Julkaistu 19.12.2008. Viitattu 26.9.2019. <http://bradhedlund.com/2008/12/19/how-to-calculate-tcp-throughput-for-long-distance-links/>

Hsu, J. 2019. How YouTube Paved the Way for Google's Stadia Cloud Gaming Service. Bloggartikkeli - IEEE verkkosivustolla. Julkaistu 22.7.2019. Viitattu 22.9.2019. <https://spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/how-the-youtube-era-made-cloud-gaming-possible>

Importance of DNS root servers. 2016. European Union Agency for Cybersecurity (ENISA) - julkaisema artikkeli DNS-juurimipalvelimien tärkeydestä. Julkaistu 13.1.2016. Viitattu 27.9.2019. <https://www.enisa.europa.eu/publications/info-notes/ddos-on-dns-root-servers>

Interconnection Policy for Internet Networks. N.d. Verizonin peering policy. Viitattu 17.8.2019. <https://enterprise.verizon.com/terms/peering/>

Juntunen, V. 2015. OPTISET VERKOT. Opinnäytetyö. Savonia AMK. Tekniikan ja liikenteen ala, sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 26.9.2019. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2015061113215>

Lodhi, A. The economics of internet peering interconnections. 2014. Väitöskirja. Georgia Institute of Technology, Tietotekniikka. Viitattu. 3.7.2019. <http://hdl.handle.net/1853/53092>

Maaniemi, T. 2019. Development Manager. Network Architecture & Development, Telia Finland Oyj. Haastattelu 15.3.2019.

Madden, M. 2019. 5 Steps to Solving Latency. Bloggartikkeli - Equinixin verkkosivustolla. Julkaistu 16.7.2019. Viitattu 17.9.2019. <https://blog.equinix.com/blog/2019/07/16/5-steps-to-solving-latency/>

MANRS for Network Operators. N.d. MANRS operaattoreille - MANRS verkkosivuilla. Viitattu 3.8.2019 <https://www.manrs.org/isps/>

Network latency and its effect on application performance. 2015. Bloggartikkeli - Noction verkkosivulla. Julkaistu 7.8.2019. Viitattu 26.9.2019. <https://www.noction.com/blog/network-latency-effect-on-application-performance>

Norton, W. 2009. A Study of 28 Peering Policies. Tutkimus 28 eri peering polycysta - drpeering verkkosivustolla. Viitattu 31.7.2019. <http://drpeering.net/white-papers/Peering-Policies/A-Study-of-28-Peering-Policies.html>

Norton, W. N.d.a. A Business Case For Peering. Julkaisu - drpeering verkkosivustolla. Viitattu 31.7.2019. <http://drpeering.net/white-papers/A-Business-Case-For-Peering.php>

Norton, W. N.d.b Internet Service Providers and Peering v3.0. Julkaisu - drpeering verkkosivustolla. Viitattu 31.7.2019. <http://drpeering.net/white-papers/Internet-Service-Providers-And-Peering.html>

Norton, W. N.d.c. The Evolution of the U.S. Internet Peering Ecosystem Abstract. N.d. Julkaisu - drpeering verkkosivustolla. Viitattu 31.7.2019. <http://drpeering.net/white-papers/Ecosystems/Evolution-of-the-U.S.-Peering-Ecosystem.html>

Norton, W. N.d.d. The Lifecycle of a Peering Inclination. N.d. Julkaisu - drpeering verkkosivustolla. Viitattu 31.7.2019. <http://drpeering.net/white-papers/Peering-Policies/Peering-Policy-Lifecycle.html>

Our network. N.d. Tietoa Telia Carrierin verkosta – Telia Carrierin verkkosivustolta. Viitattu 3.10.2019. <https://www.teliacarrier.com/Our-Network.html>

Peering with Open Connect. N.d. Netflixin Open Connect peering policy. Viitattu 17.8.2019 <https://openconnect.netflix.com/en/peering/>

Peltola, A. 2019. NÄIN TELIA ESPORTS SERIES NÄKYVÄ TELEVISIOSSA. Artikkelitelia verkkosivuilla. Julkaistu 12.3.2019. Viitattu 27.7.2019 <https://www.telia.fi/esports/artikkeli/telia-esports-seriesin-tv-lahetyksissa-pelataan-vimmatusti-mutta-kurkistetaan-myos-pelaajien-arkeen-newsroom>

Picconi, M. 2011. Technologies, routing policies and relationships between autonomous systems in inter-domain routing. Opinnäytetyö. University of Cagliari.

Matematiikan ja tietotekniikan laitos, Tietotekniikka. Viitattu 26.7.2019.
<http://hdl.handle.net/11584/265901>

Settlement-Free Interconnection Policy for AS1257. 2014. Tele2:n peering policy.
Julkaistu 18.3.2014. Viitattu 17.8.2019. <http://as1257.tele2.net/peering/policy.php>

Streaming toward television's future: A detailed look at 4K video and how Akamai is making it a reality. 2015. Akamain julkaisema White Paper -tyylinen julkaisu - Akamain verkkosivuilla. Julkaistu toukokuussa 2015. Viitattu 27.9.2019.
<https://www.akamai.com/it/it/multimedia/documents/white-paper/streaming-toward-televisions-future-4k-video-white-paper.pdf>

Suhonen, A. 2009. Multi-Exit BGP Issues. Esitys Trex Workshopissa. Esitelmä 12.2.2019. Julkaistu 12.2.2019. <http://www.trex.fi/2009/axu.tm-multi-exit-bgp.pdf>

TDC/AS3292 peering policy as of Jan. 11th 2007. 2007. TDC:n peering policy. Julkaistu 11.1.2007. Viitattu 17.8.2019 <http://noc.eng.tdc.net/peering/peering-policy.txt>

Televiestintäalan markkinaosuuksia. 2019. Julkaisu Ficomin sivustolla. Julkaistu 15.7.2019. Viitattu 11.8.2019. <https://www.ficom.fi/ict-ala/tilastot/televiestintäalan-markkinaosuuksia>

Telia Carrier Global Peering Policy. N.d. Telia Carrierin peerig policy. Viitattu 17.8.2019. https://www.teliacarrier.com/dam/jcr:d1e83942-3db1-4334-a5f8-431578633d26/Telia_Carrier_Global_Peering_Policy.pdf

TELIA COMPANY SAI HYVÄKSYNNÄN BONNIER BROADCASTINGIN YRITYSKAUPALLE. 2019. Telia Finlandin julkaisema uutisartikkeli - Telia Finlandin verkkosivuilla. Julkaistu 12.11.2019. Viitattu 28.11. <https://www.telia.fi/telia-yrityksena/medialle/epress?articleId=3969e92f-b04b-4af1-a0ad-90d4f00821a6>

Telia yksityisille. N.d. Tietoa Telia Finlandin tarjoamasta yksityisille – Telia Finlandin verkkosivuilta. Viitattu 3.10.2019. <https://www.telia.fi/>

Telia yrityksille N.d. Tietoa Telia Finlandin yritystarjoamasta – Telia Finlandin verkkosivuilta. Viitattu 3.10.2019. <https://www.telia.fi/yrityksille/>

Trex Regional Exchanges Oy. N.d. Tietoa TREX:n toiminnasta – Trex:n verkkosivuilla. Viitattu 3.8.2019. <http://www.trex.fi/about.htm>

Liitteet

Liite 1. Telia Finland peering policy suomenkielinen luonnos



Julkinen

Päivä
2019-08-31

Sivu
47 (53)

Tunniste
Document id
Liittyy asiaan
Object id.

Versio
1 Luonnos

Laatija
Cristian Lindell

Telia Finland AS1759 Peering Policy 1 Maantieteelliset vaatimukset Peering -kumppanille

Toivomme, että mahdollisella Peering-kumppanilla on oma redundanttinen Suomen keskeisimmät asutuskohteet kattava runko- ja jakeluverkko.

Mahdollisella kumppanilla on valmius liitääntään yhdysliikennepisteissä joissa Telia Finland on läsnä tai erikseen sovitussa kohteessa.

2 Tekniset, fyysiset & operatiiviset vaatimukset Peering -kumppanille

Toivomme, että potentiaalinen kumppani mainostaa /16 IPv4 verkkoa vastaavaa määrää.

- Hyväksymme IPv4 verkot /6 - /24 & IPv6 verkot /18 - /48

Potentiaalinen kumppani mainostaa vain omia ja asiakkaidensa verkkoja, eikä käytä peering-yhteyttä tarjotakseen Transit-yhteyksiä omille asiakkailleen.

Kumppanilla on 24/7/365 toimintavalmiudessa oleva verkonvalvonta, jolla on kyky reagoida nopeasti verkossa syntyviin ongelmiin ja on valmis koordinoimaan vianselvitystä yhteistyössä Telian NOC:n kanssa.

- Kumppani ylläpitää prosesseja, joilla luoda vikatikettejä ja omaa omat prosessit joilla vastata luotuihin vikatiketteihin ja tarvittaessa eskaloida niitä.

Kumppanin täytyy tiedottaa omassa verkossa tapahtuvista muutoksista mahdollisimman pian, jos ne vaikuttavat oleellisesti Telian kuljettamaan liikenteeseen.

3 Muut vaatimukset Peering -kumppanille

Potentiaalinen kumppani on taloudellisesti vakaa ja on valmis investoimaan Peering-liikennettä hyödyttävän verkkoinfrastruktuurin kehittämiseen ja ylläpitoon.

Toivomme, että potentiaalinen kumppani ylläpitää aktiivisesti PeeringDB tai vastaavan sivuston tietoja omasta verkostaan ja täyttää MANRS jäsenyyden vaatimukset tai on jo jäsen.

Potentiaalinen kumppani on valmis allekirjoittamaan kirjallisen sopimuksen kahdenkeskisestä Peering-yhteydestä.

Telia Finlandin peering policy on alisteinen Telia Carrierin peering policylle.

- Esimerkiksi, jos potentiaalinen kumppani on Telia Carrierin asiakas tai peering kumppani, voi potentiaalinen kumppani muodostaa peering-yhteyden Telia Finlandin AS1759 kanssa vain erikseen sovitusti.

Peering policyissa määritetyt ehdot ja vaatimukset ovat vain suuntaa antavia ja niiden täyttäminen tai täyttämättä jättäminen ei vaikuta mahdollisen sopimuksen syntymiseen.

Jätä hakemus wholesale-fi@telia.fi – josta tulee ilmi, verkkonne AS numero, ja mainostamienne IPv4 ja IPv6 verkkojen määrä sekä ilmoita mahdollinen yhteenliitäntäpiste, jossa Peering-yhteys toteutetaan.

Yritystiedot

Telia Finland Oy
Teollisuuskatu 15, 00510 HELSINKI
Kotipaikka: Helsinki
Y-tunnus 1475607-9, ALV REK 1475607-9

Liite 2. Telia Finland peering policy englanninkielinen luonnos



Policy Public

Date	Page
2019-09-02	49 (53)

Identifier	Version
Document id	1 Draft
Relation	
Object id.	

Creator
Cristian Lindell

Telia Finland AS1759 – Peering Policy

1 Geographical requirements

- Potential peer is present in Finland and has fully redundant and resilient network backbone that covers the most populated parts of Finland.
- Potential peer can establish the physical interconnection in an IX where Telia Finland is present or in a separately agreed location.

2 Technical, Physical & Operational requirements

- We wish for the potential peer to announce at least equivalent of /16 IPv4 prefix
 - o IPv4 Prefixes /6 - /25 & IPv6 prefixes /18 - /48
- Potential peer announces only its own and its customers prefixes. Potential partner shall not use the interconnection to redirect their traffic to Telia Finland in any way possible for a route not announced via BGP.
- Potential peer must have a 24/7/365 Network Operations Center (NOC) that is willing to participate in troubleshooting together with Telia Finland's NOC (and must maintain procedures for opening trouble tickets and an escalation process for addressing operational issues.).
- Potential peer must inform Telia about potential changes in their network which affects any of the traffic carried by Telia or destined to Telia as soon as possible.

3 Other requirements

- Potential peer is financially stable and willing to invest in the interconnection with Telia Finland.
- Potential peer is willing to sign a separate peering-agreement with Telia Finland.
- Telia Finland's peering policy is subject to Telia Carrier's Global peering policy.
 - o e.g. If the potential peer is an existing peer of Telia Carrier or a transit customer, the partner may only peer with Telia Finland through exception.
- We wish, that the potential peer is a member of MANRS or fulfills the requirements for the membership and has up-to-date records on PeeringDB.

- The requirements mentioned in the peering policy act only as a guideline and fulfilling the requirements might not lead to a Peering-agreement, and not fulfilling the requirements will not rule out the possibility of a Peering-agreement with Telia Finland.

Leave us your request at wholesale-fi@telia.fi

Include at least the following information to your request: ASN, announced amount of IPv4 and Ipv6 prefixes and the possible locations for the interconnections.

Company information

Telia Finland Oy
Teollisuuskatu 15, 00510 HELSINKI, FI
Registered office: Helsinki
Business ID 1475607-9, VAT No. FI14756079